

Metody i narzędzia zapisu i udostępniania danych

Metody i narzędzia zapisu i udostępniania danych

Praca zbiorowa

REDAKCJA NAUKOWA

Tadeusz Grabiński

Dorota Wilk-Kołodziejczyk

Marta Woźniak-Zapór

Kraków 2014

Rada Wydawnicza Krakowskiej Akademii im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego:
Klemens Budzowski, Maria Kapiszewska, Zbigniew Maciąg, Jacek M. Majchrowski

Recenzja:
prof. dr hab. Jacek Wołoszyn

Redaktor prowadzący: Halina Baszak-Jaroń

Projekt okładki: Joanna Sroka

Korekta: zespół

ISBN 978-83-7571-312-1

Copyright© by Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego
Kraków 2014

Na zlecenie:



Krakowskiej Akademii
im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego
www.ka.edu.pl

Wydawca:
Krakowskie Towarzystwo Edukacyjne sp. z o.o. – Oficyna Wydawnicza AFM,
Kraków 2014

Żadna część tej publikacji nie może być powielana ani magazynowana w sposób umożliwiający ponowne wykorzystanie, ani też rozpowszechniana w jakiegokolwiek formie za pomocą środków elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, bez uprzedniej pisemnej zgody właściciela praw autorskich

Sprzedaż detaliczną, hurtową i wysyłkową prowadzi
Księgarnia u Frycza
Kampus Krakowskiej Akademii im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego
ul. Gustawa Herlinga-Grudzińskiego 1A, 30-705 Kraków
tel./faks: (12) 252 45 93
e-mail: ksiegarnia@kte.pl

Skład: Joanna Sroka

Druk i oprawa: Krakowskie Towarzystwo Edukacyjne sp. z o.o.

Spis treści

<i>Słowo wstępne</i>	7
----------------------------	---

CZĘŚĆ I

METODY, NARZĘDZIA ORAZ PRAWNE UWARUNKOWANIA KSZTAŁCENIA NA ODLEGŁOŚĆ	9
---	---

<i>Prawne aspekty wprowadzania e-learningu w szkołach wyższych</i> Agnieszka Bednarczyk-Plachta	11
---	----

<i>Atrakcyjność i efektywność form kształcenia na odległość w doskonaleniu kluczowych kompetencji w ocenie uczestników różnych poziomów kształcenia</i> Marta Woźniak-Zapór, Szczepan Urlik	35
---	----

<i>E-learning korporacyjny w aspekcie informatyzacji przedsiębiorstw</i> Marta Woźniak-Zapór, Mariusz Grzyb, Sebastian Rymarczyk	49
--	----

CZĘŚĆ II

OPTIMALIZACJA PROCESÓW I METOD	71
---	----

<i>System automatycznego przetwarzania formularzy OMR</i> Tomasz Gąciarz, Joanna Płażek	73
---	----

<i>Model optymalizacyjny dystrybucji wody z systemu połączonych zbiorników retencyjnych, przy ustalonym czasie trwania optymalizacji</i> Wojciech Z. Chmielowski	97
--	----

<i>Algorytmy ewolucyjne w optymalizacji parametrów modelu symulacyjnego procesu krzepnięcia metali</i> Agnieszka Smolarek-Grzyb, Dorota Wilk-Kołodziejczyk, Renata Uryga	117
--	-----

<i>Budowa modeli decyzyjnych z zastosowaniem drzew klasyfikacyjnych i logiki rozmytej</i> Dorota Wilk-Kołodziejczyk, Krzysztof Regulski	129
---	------------

CZĘŚĆ III SYSTEMY INFORMATYCZNE	143
--	------------

<i>Restrukturyzacja przedsiębiorstwa poprzez wdrożenie komputerowego systemu zarządzania projektami</i> Adam Jakubiec	145
---	------------

<i>Platforma aplikacyjna SAP HANA jako przykład komercyjnej realizacji technologii in Memory Computing (IMC)</i> Marian Krupa, Maciej Pękała	159
--	------------

<i>Realizacja SOA w oprogramowaniu biznesowym firmy SAP</i> Marian Krupa, Maciej Pękała	183
---	------------

Słowo wstępne

Przekazujemy czytelnikowi kolejną monografię wydaną w ramach serii „Informatyka”, zawierającą publikacje pracowników związanych z Wydziałem Zarządzania i Komunikacji Społecznej Krakowskiej Akademii im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego z obszaru problemów optymalizacji, systemów informacyjnych oraz kształcenia zdalnego.

Wśród autorów niniejszej publikacji znajdują się głównie pracownicy Studium Informatyki Krakowskiej Akademii i Katedry Informatyki Stosowanej. Opublikowane artykuły są wynikiem współpracy w zespołach z pracownikami innych krakowskich uczelni.

Tematyka monografii koncentruje się na metodach optymalizacji, zastosowaniach systemów informatycznych, oraz kształcenia zdalnego.

Całość tematyki podzielona jest na trzy wzajemnie powiązane części. Pierwsza część zawiera trzy podrozdziały, w których podjęto kwestie kształcenia zdalnego. Druga część monografii, ujęta w kolejnych trzech podrozdziałach, prezentuje wybrane narzędzia i modele optymalizacji. Ostatnia, trzecia – przedstawia problematykę związaną z zastosowaniem systemów informatycznych w firmie.

Monografię rozpoczyna część pt. „Metody, narzędzia oraz prawne uwarunkowania kształcenia na odległość”. Przedstawiono tutaj prawne aspekty związane z wdrażaniem kształcenia na odległość w szkołach wyższych. Omówiono także m.in. tradycyjne metody kształcenia stacjonarnego, wraz z możliwością adaptacji ich na potrzeby nauczania na odległość. Przedstawione i omówione zostały wyniki badań prowadzonych wśród uczestników trzech poziomów kształcenia. Celem badania była odpowiedź na pytanie, czy nauczanie na odległość – w porównaniu z innymi, powszechnie stosowanymi formami przekazywania wiedzy – jest wysoko oceniane jako efektywne i atrakcyjne przez potencjalnych odbiorców. W trzecim z podrozdziałów przedstawione zostały główne problemy związane z rozwojem e-learningu korporacyjnego. Jako jedna z barier jego rozwoju wymieniane są znaczne koszty wdrożenia systemu do obsługi tego typu szkoleń.

W drugiej części „Optymalizacja procesów i metod” podjęto próbę za-prezentowania praktycznych zastosowań metod optymalizacji. Szczególnie interesujące w tym aspekcie jest sformułowanie i rozwiązanie problemu

optymalizacyjnego dotyczącego sterowania odpływami z systemu zbiorników retencyjnych, które zaopatrują w wodę określony zbiór odbiorców. W systemie dopuszczono możliwość przerzutów wody między zbiornikami systemu. W ustalonym horyzoncie optymalizacji przyjęte zostały sztywne warunki początkowe i warunki końcowe na trajektoriach stanów.

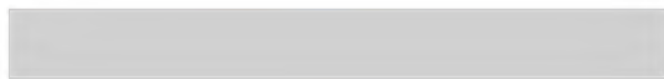
Trzecia część monografii „Systemy informatyczne” dotyczy istotnego tematu, jakim jest zastosowanie różnego rodzaju rozwiązań informatycznych w firmie. Na szczególną uwagę zasługuje tutaj opisanie technologii informatycznej In Memory Computing (IMC) zawartej w produkcie SAP HANA firmy SAP oraz wskazanie na kluczowe obszary związane z innowacyjnością i konkurencyjnością wynikające z jej wdrożenia w biznesie.

Mamy nadzieję że monografia spotka się z zainteresowaniem Czytelników zarówno śledzących na bieżąco zmiany w zakresie metod i narzędzi informatycznych, optymalizacyjnych oraz wspomagających nauczanie na odległość.

*Tadeusz Grabiński
Dorota Wilk-Kołodziejczyk
Marta Woźniak-Zapór*

CZĘŚĆ I

Metody, narzędzia oraz prawne uwarunkowania kształcenia na odległość



Prawne aspekty wprowadzania e-learningu w szkołach wyższych

Agnieszka Bednarczyk-Plachta

Streszczenie

Niniejsze opracowanie ma na celu przedstawienie zagadnienia e-learningu w programach nauczania szkół wyższych. Funkcjonowanie i rozwój społeczeństwa informatycznego wymusza zmiany sposobu kształcenia, nie tylko pod względem treści nauczania, ale także pod względem środków i sposobów kształcenia. By zmiany mogły się dokonywać konieczne jest dostosowanie przepisów dotyczących zakładów administracyjnych pod tym kątem. W poszczególnych częściach rozdziału będzie mowa o definicji zakładu administracyjnego, usytuowaniu przepisów zakładowych w stosunku do powszechnie obowiązujących źródeł prawa, a także przedstawiona zostanie analiza szczegółowych uregulowań prawnych dotyczących e-learningu zawartych w ustawie o szkolnictwie wyższym i przepisach wykonawczych.

Wstęp – założenia funkcjonowania e-learningu

Funkcjonowanie e-learningu w szkolnictwie wyższym wiąże się z koniecznością dostosowania programów kształcenia opracowywanych przez uczelnie od nowelizacji z 2011 r. do wymogów określonych Krajowymi Ramami Kwalifikacji oraz ewentualnej zmiany pod tym kątem prawa wewnętrznego uczelni, regulującego zarówno sposób udzielania świadczeń, jak i sam sposób prowadzenia kształcenia na odległość. Wprowadzanie do systemów nauczania metod i technik kształcenia na odległość ma służyć unowocześnianiu procesu kształcenia i stwarzaniu możliwości pobierania świadczeń oferowanych przez zakład w jak najbardziej dogodny dla użytkownika sposób. Pamiętać jednak należy, że uczelnie obowiązane do udzielania świadczeń w oparciu o wiedzę fachową i doświadczenie muszą dbać o jakość udzielanych usług. Aby wywiązać się z tego obowiązku również nauczanie w formie e-learningu musi być prowadzone zgodnie z ogólnie narzuconymi ramami. W niniejszym rozdziale zostaną przedstawione wybrane aspekty prawne dotyczące funkcjonowania uczelni w kontekście prowadzenia nauczania z wykorzystaniem technik e-learningowych, a mianowicie wskazane zostaną cechy szkół wyższych istotne dla wprowadzania e-learningu oraz nakreślony

zostanie katalog źródła prawa odnoszący się do szkół wyższych, zarówno pod względem prawa powszechnie obowiązującego jak i prawa wewnętrznego, na mocy których możliwe jest prowadzenie zajęć w formie e-learningu, kompetencje poszczególnych organów uczelni, szczegółowe warunki realizacji e-learningu w programach nauczania oraz kwestie prawidłowości wprowadzania metod kształcenia na odległość do tych programów.

Powyżej wymienione zagadnienia powinny jednak zostać poprzedzone zdefiniowaniem samego pojęcia e-learningu, które jest kluczowym pojęciem dla prezentowanego tematu. E-learning można zdefiniować jako złożoną formę kształcenia, na którą składają się działania dydaktyczne prowadzone z użyciem nowoczesnych technologii i urządzeń teleinformatycznych¹. Innymi słowy nauczanie za pomocą form kształcenia na odległość może odbywać się z wykorzystaniem: internetu, ekstranetu, telewizji, radia, przekazów satelitarnych, za pośrednictwem sprzętu komputerowego, który może znajdować się stacjonarnie w jednostce prowadzącej kształcenie lub też mobilnego sprzętu komputerowego. Wykorzystanie nowoczesnych technologii i sprzętu informatycznego umożliwia elastyczne dostosowywanie czasu, miejsca i formy prowadzonych kursów (w tym studiów) do potrzeb szkolenych osób. Kursy prowadzone w formie e-learningu mogą się bowiem odbywać z uwzględnieniem znacznych odległości dzielących osoby biorące udział w szkoleniu oraz prowadzących, a także przy odpowiednich formach takich kursów czas ich realizacji może być dowolnie kształtowany w zależności od potrzeb i możliwości kursantów. Brak osobistego kontaktu z prowadzącym nie oznacza, że studenci objęci są mniejszą lub gorszą opieką merytoryczną ze strony wykładowcy. Komunikacja i kontakt z nauczycielem może odbywać się bowiem w sposób synchroniczny i asynchroniczny².

W przypadku kursów prowadzonych w sposób synchroniczny istotnym elementem różnicującym jest czas. Zajęcia prowadzone są w ten sposób w czasie rzeczywistym, z wykorzystaniem narzędzi komunikacji dwustronnej np. czat, komunikatory, wideokonferencja, wirtualne tablice graficzne. Kursy prowadzone w sposób asynchroniczny charakteryzują się asynchroniznością przekazu, co oznacza prowadzenie zajęć z uwzględnieniem interwału czasowego. Kontakt prowadzącego z kursantem/studentem nie odbywa się w tym samym czasie, a odpowiedzi na zadane pytania nauczyciel udziela w za pomocą np. maila lub forum dyskusyjnego. Przy zajęciach

¹ Z. Zieliński, *Systemy informatyczne w zarządzaniu e-learning*, http://www.elearningonline.pl/wp-content/upload/konf_kielce06.pdf [04.02.2011].

² Por. Z. Lis, Z. Zieliński, *Wspomaganie procesu edukacji z wykorzystaniem e-learning – CAEC*, Świętokrzyskie Centrum Edukacji na Odległość 1/2006, Kielce 2006.

asynchronicznych prowadzący jest swego rodzaju moderatorem, który może wyznaczać terminy swojej dostępności w czasie rzeczywistym na platformie e-learningowej. Kursy synchroniczne prowadzone są zazwyczaj online, gdzie wykładowca dostępny jest bezpośrednio w czasie prowadzenia wykładów dla studentów.

Stosowanie metod i technik kształcenia na odległość nie wyklucza prowadzenia kursów i zajęć w tradycyjnej formie. Blended learning, czyli łączenie w ramach jednego kursu obu wyżej przytoczonych form kształcenia, jest na chwilę obecną najpowszechniejszą formą prowadzenia zajęć w uczelniach, co wymuszają również przepisy prawa powszechnie obowiązującego. Wprowadzanie e-learningu do planów i programów studiów odbywa się na mocy przepisów: ustawy z dnia 27 lipca 2005 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym, Dz. U. 2005 Nr 164, poz. 1365 z późn. zm., oraz rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 25 września 2007 r. w sprawie warunków, jakie muszą być spełnione, aby zajęcia dydaktyczne na studiach mogły być prowadzone z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość, Dz. U. 2007 Nr.188, poz. 1374 z późn. zm., a także przepisów wewnętrznych uchwalanych przez senat uczelni.

Prawne podstawy działania szkół wyższych

Zakres podmiotów definiowanych jako szkoły wyższe w polskim systemie prawnym został określony przede wszystkim w ustawie z dnia 27 lipca 2005 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym, Dz. U. 2005 Nr 164, poz. 1365 z późn. zm. (w brzmieniu obowiązującym od 1 stycznia 2012 r.) – zwaną dalej ustawą o szkolnictwie wyższym. W art. 2 tejże ustawy wymienione zostały podmioty, które uznawane są za szkoły wyższe. W ramach definicji uczelni wskazanej na mocy art. 2³, szkoły wyższe w Polsce można różnicować biorąc pod uwagę wielorakie kryteria. Przyjmując jako wyróżnik organ założycielski można dokonać podziału na uczelnie publiczne, niepubliczne czy wyznaniowe. Uczelnie publiczne tworzone są przez państwo za pośrednictwem właściwego organu władzy publicznej lub administracji publicznej. Wśród uczelni publicznych możemy zatem wyróżnić podmioty, które ze względu na zależność organizacyjną i prawną podmiotowi założycielskiemu, podlegają nadzorowi poszczególnych ministrów: uczelnie wojskowe – nad-

³ Art. 2. ust. 1. ustawy o szkolnictwie wyższym definiuje uczelnie jako „szkołę prowadzącą studia wyższe, utworzoną w sposób określony w ustawie”.

zorowaną przez Ministra Obrony Narodowej, uczelnie służb państwowych – nadzorowane przez ministra właściwego do spraw wewnętrznych, uczelnie artystyczne – nadzorowane przez ministra właściwego do spraw kultury i ochrony dziedzictwa narodowego, uczelnie medyczne – nadzorowane przez ministra właściwego do spraw zdrowia, uczelnie morskie – nadzorowane przez ministra właściwego do spraw gospodarki morskiej.

Podstawy prawne umożliwiające tworzenie szkół niepublicznych zostały ugruntowane również na mocy ustawy o szkolnictwie wyższym. Zakładanie szkół wyższych zostało umożliwione podmiotom prywatnym, zarówno osobom prawnym jak i fizycznym⁴. Na mocy przedmiotowej ustawy otwarcie placówki niepublicznej wiąże się z uzyskaniem stosownej licencji, wydawanej przez państwo, za pośrednictwem właściwego organu administracji państwowej – ministra⁵. W celu uzyskania licencji podmiot uprawniony zobligowany był do wystąpienia z wnioskiem zawierającym ogólną koncepcję działalności zakładanej uczelni, projekt statutu, plan studiów itp. Dokonując podziału za względu na posiadane uprawnienia do nadawania stopni i tytułów naukowych uczelnie można podzielić na akademickie i zawodowe. Uczelnie akademickie to podmioty, w których przynajmniej jedna jednostka organizacyjna ma uprawnienia do nadawania stopnia naukowego doktora, a uczelnie zawodowe, to podmioty, które pomimo uprawnienia do prowadzenia studiów pierwszego lub drugiego stopnia albo jednolitych studiów magisterskich nie mają uprawnienia do nadawania stopnia naukowego doktora. Wśród uczelni zawodowych i akademickich działają zarówno podmioty publiczne, jak i niepubliczne.

Kluczowym czynnikiem warunkującym powstawanie szkół wyższych publicznych i niepublicznych jest brak możliwości organizacyjnych, materialnych i technicznych ze strony państwa do udzielania świadczeń niematerialnych zaspokajających potrzeby intelektualne społeczeństwa, na zasadach powszechności kształcenia, zgodnie z zapisami Konstytucji. Zrodziła się zatem potrzeba przekazania tego typu zadań publicznym wyspecjalizowanym jednostkom, które rządziły się podobnymi prawami, bez względu na rodzaj udzielanych świadczeń. Zadania publiczne, podmioty usytuowane poza aparatem administracji publicznej, mogą wykonywać jedynie w ściśle określonych warunkach, i to określonych w przepisach prawa powszechnie obowiązującego. Co więcej zadania te musi opisywać i ustanawiać akt rangi ustawowej. Nie ma takiej możliwości, aby zadania publiczne kreowały akty

⁴ Art. 20 ust. 1 ustawy o szkolnictwie wyższym.

⁵ Art. 20 ust. 2 ustawy o szkolnictwie wyższym.

normatywne podstawowe, tworzone przez władzę wykonawczą⁶. Normatywne wyznaczenie zadania publicznego odbywa się w tych aktach na podstawie normy zadaniowej, powiązanej z normą kompetencyjną, uprawniającą do wykonania danego zadania⁷. Przepisy rangi ustrojowej mogą wskazać jako kompetentne do wykonywania zadań publicznych nie tylko organy administracji publicznej, ale także inne właściwe temu podmioty. Na podstawie owych norm organy podmiotów niepublicznych wykonując zadania publiczne stają się organami administrującymi. Oznacza to, że wstępują w ich rolę, nie stając się organami administracji publicznej. Przepisy prawa określają nie tylko szereg kompetencji, które wykonywać będą organy administrujące, ale określają również prawne formy działania, którymi mają się posługiwać organy administrujące wykonując zadania publiczne. Zadanie publiczne zdefiniować można zatem jako określony normatywnie obowiązek działania, do realizacji którego, na podstawie kompetencji przypisanej prawem, właściwemu organowi, przysługują przyznane prawem formy działania⁸.

Źródła prawa w aspekcie przepisów wewnętrznych uczelni

Rozpoczynając opis źródeł prawa w aspekcie przepisów wewnętrznych uczelni, zaznaczyć należy, że przedstawione podglądy w tym zakresie będą miały charakter ramowy. Poglądy doktryny, orzecznictwa i stan przepisów prawa zostanie przytoczony w zakresie niezbędnym dla wyjaśnienia istoty znaczenia katalogu źródeł prawa dla wprowadzania e-learningu w szkołach wyższych. Dla procesu ukonstytuowania i późniejszego realizowania e-learningu w uczelniach zasadnicze znaczenie ma nie tylko ukształtowanie samych przepisów prawa, ale także relacja norm tworzonych przez organy uczelni, do przepisów ustaw i aktów wykonawczych. Organy uczelni swe działania opierają bowiem nie tylko na przepisach powszechnie obowiązujących, ale także na prawie wewnętrznym. Państwo swe zadania i funkcje związane z zaspokajaniem potrzeb społecznych w zakresie szeroko pojętej

⁶ A. Błaś, *Niekonstytucyjne zjawiska w administracji publicznej*, [w:] *Instytucje współczesnego prawa administracyjnego. Księga jubileuszowa Profesora zw. dra hab. Józefa Filipka*, red. I. Skrzydło-Niżnik, Kraków 2001, s. 50.

⁷ J. Jeżewski, *O strukturze pojęciowej ustrojowego prawa administracyjnego*, „Acta Universitatis Wratislaviensis. Przegląd Prawa i Administracji” 1997, t. 38.

⁸ M. Tabernacka, *Zakres wykonywania zadań publicznych przez organy samorządów zawodowych*, Kolonia 2007, s. 82.

oświaty i edukacji określa już na poziomie prawa ustrojowego. To przepisom stanowiącym źródła prawa konstytucyjnego konieczne jest podporządkowanie przepisów ustaw oraz przepisów wykonawczych. Sposób oddziaływania prawa powszechnie obowiązującego na sposób wprowadzania zawartych w nim uregulowań do wewnętrznych systemów prawnych uczelni wiąże się z konstytucyjnie ustalonym katalogiem źródeł prawa, w tym prawa administracyjnego. Źródła prawa administracyjnego są zhierarchizowane zarówno pod względem materialnym jak i formalnym, co oznacza w praktyce, że akty normatywne niższej rangi muszą być zgodne z aktami normatywnymi rangi wyższej. Uporządkowanie tych aktów wedle mocy obowiązywania, musi odbywać się z uwzględnieniem ważności w pierwszeństwie ich stosowania. Zależy to od wielu czynników takich jak budowa systemu źródeł prawa w danym reżimie prawnym, stosunek aktów podstawowych do ustaw, czy pozycji organu wydającego akt w obowiązującym systemie prawa. Przedmiot norm stanowiących źródła prawa administracyjnego nie może być jednak swobodnie kształtowany przez podmioty stanowiące prawo. Podobnie jak zakres ich obowiązywania, tak i ich przedmiot wyznacza Konstytucja⁹. Konstytucja z 1997 r.¹⁰ wymienia akty prawne stanowiące katalog źródeł prawa administracyjnego. Poza samymi normami prawnymi również doktryna i orzecznictwo mają znaczący wpływ na ocenę czy dany akt normatywny mieści się w konstytucyjnym katalogu źródeł prawa i prawa administracyjnego. Szczególne kryterium przy kwalifikowaniu aktów normatywnych do katalogu źródeł prawa administracyjnego odgrywa pozycja organu stanowiącego dany akt. Źródła prawa mogą być zatem stanowione przez naczelne organy państwa, czy organy centralne, a także przez organy terenowe i organy zakładów administracyjnych, organy innych podmiotów wykonujących zadania publiczne w imieniu państwa, w tym także podmioty prywatne, pomimo że zakres oddziaływania tworzonych przez te ostatnie przepisów jest różny. Z tego punktu widzenia możemy wyróżnić źródła prawa administracyjnego o powszechnym obowiązowaniu oraz źródła wiążące wewnętrznie. Franciszek Longchamps przez źródła prawa administracyjnego rozumiał sposób w jaki tworzy się i zmienia prawo administracyjne, a przez to samą administrację publiczną¹¹. Wszystkie sposoby tworzenia prawa, w tym prawa administracyjnego ujmuje się w trzy kategorie przepisów: o charakterze

⁹ A. Bałaś, T. Kuta, *Prawo administracyjne. Podstawowe zagadnienia terminologiczno-pojęciowe*, Wrocław-Poznań, 1998, s. 36–39.

¹⁰ Dz. U. Nr 78, poz. 483.

¹¹ F. Longchamps, *Współczesne problemy podstawowych pojęć prawa administracyjnego*, PiP 1996, z. 6, s. 891.

ustrojowym, materialnym i procesowym, bez względu na to, czy stanowią one źródła prawa wewnętrznego, źródła prawa powszechnie obowiązującego, czy też prawa miejscowego. Podział ten jest szczególnie ważny dla metod wprowadzania e-learningu do sposobu nauczania przez szkoły wyższe, gdyż stanowienie przez organy uczelni prawa, zawierającego postanowienia, które można zaliczyć do wszystkich trzech kategorii przepisów, regulują kwestie sposobu udzielania świadczeń, w tym świadczeń polegających na kształceniu z wykorzystaniem technik multimedialnych (e-learning). Normy ustrojowe dotyczą podmiotów administrowania, normy materialne przedmiotu administrowania, a normy proceduralne – sposobu działania organów podmiotu administrującego¹². Normy te są wzajemnie powiązane, gdyż mają wspólnie służyć realizacji celu jaki został postawiony przed organami administracji lub organami administrującymi. Szczególnie prawo procesowe ma gwarantować realizację norm materialnoprawnych. W przepisach materialnych określone są prawa i obowiązki jednostek oraz określonych podmiotów, a organy administracji obowiązane są do określonych zachowań, mających na celu wyegzekwowanie nałożonych na jednostki obowiązków, albo umożliwienie im korzystania z ich praw.

Źródła prawa i prawa administracyjnego można również rozumieć jako akty normatywne w znaczeniu formalnym, materialnym i poznawczym¹³. W znaczeniu materialnym źródłem prawa jest to, co przesądza o jego treści, w znaczeniu formalnym chodzi o hierarchiczne obowiązywanie aktów normatywnych; natomiast w ujęciu poznawczym chodzi o określenie, jakie normy prawa obowiązują w danym czasie. Dla sposobu i zakresu wprowadzania metod e-learningu do systemów uczelnianych najistotniejsze znaczenie ma formalne ujęcie źródeł prawa. Przepisy prawne zawarte w Konstytucji, ustawach, rozporządzeniach stanowią normy nadrzędne dla wewnątrzuczelnianych aktów prawotwórczych, takich jak statuty, regulaminy, uchwały czy niektóre zarządzenia. Wszystkie jednak – jako akty normatywne – zawierają normy o charakterze generalnym i abstrakcyjnym¹⁴, tzn. takie których adresat wyodrębniony jest na podstawie cech ogólnych, a jego zachowanie poddane zostaje pewnej typologii. Akty normatywne stanowiące źródła prawa muszą charakteryzować się ogólnością i abstrakcyjnością, gdyż jest to konieczne dla trwałego funkcjonowania normy w jej wielorazowym charakterze. W prawie administracyjnym przepisy normatywne, i normatywne

¹² E. Ochendowski, *Prawo administracyjne. Część ogólna*, Toruń 2004, s. 31.

¹³ J. Nowicki, Z. Tobor, *Wstęp do prawoznawstwa*, Katowice 1999, s. 10.

¹⁴ J. Stelmasiak, *Źródła prawa administracyjnego w okresie transformacji ustrojowej w Polsce* [w:] *Administracja i prawo administracyjne u progu trzeciego tysiąclecia*, Łódź 2000, s. 435.

przepisy wewnętrzne podmiotu administrującego, swoją tematyką obejmują takie kwestie jak: funkcje i kompetencje organów, cele działania i zadania takich organów, strukturę organizacyjną. Wiele z nich reguluje także relacje jednostki i organów administracyjnych lub administrujących, określając uprawnienia i obowiązki jednych wobec drugich. Niewątpliwie najbardziej charakterystyczną cechą źródeł prawa administracyjnego jest to, że w większości przypadków są one stanowione przez same organy administracji¹⁵. Fakt ten nie pozostaje bez wpływu na rodzajową różnorodność źródeł prawa administracyjnego podobnie jak i na ich niezwykle rozbudowany zakres. W tym kontekście poza źródłami prawa powszechnie obowiązującego wymienionymi w Konstytucji do źródeł prawa zalicza się także akty prawa miejscowego, obowiązujące na obszarze działania organów, które je ustanowiły¹⁶. Akty takie podejmowane są najczęściej w formie uchwał¹⁷. Z aktami prawa miejscowego można porównać normatywne akty wewnętrzne stanowione przez organy wskazanych ustawowo podmiotów wykonujących zadania publiczne. Podobieństw można doszukiwać się nie tylko w zakresie ich obowiązywania (akty prawa miejscowego wiążą na danym terytorium, a akty normatywne wewnętrzne w odniesieniu do obszaru oddziaływania tworzących je organów), ale także w sposobie delegacji do ich wydania. Jedne i drugie dla swojej legalności wymagają wyraźnego upoważnienia ustawowego, bez którego nie mogą zostać uchwalone¹⁸. Normatywne akty wewnętrzne w swej treści nie ograniczają się do regulowania jedynie relacji pomiędzy odbiorcami usług publicznych, a organami podmiotu świadczącego te usługi. Ogromna ich część dotyczy kwestii związanych z wewnętrzną organizacją takich podmiotów oraz sposobem udzielania świadczeń. W tym zakresie wewnętrzne akty normatywne można przyrównać do uchwał Rady Ministrów oraz zarządzeń Prezesa Rady Ministrów czy poszczególnych ministrów. Zgodnie z art. 93 Konstytucji wymienione akty stanowią źródła prawa o charakterze wewnętrznym, które obowiązują jednostki organizacyjne

¹⁵ J., Stelmasiak *Źródła prawa administracyjnego...*, s. 435; *Źródła prawa administracyjnego*, red. J. Boć, [w:] *Prawo administracyjne*, Kolonia Limited 2000, s. 59; szerzej: F. Longchamps, *O źródłach prawa administracyjnego*, [w:] *Studia z zakresu prawa administracyjnego ku czci prof. dr Mariana Zimmermana*, Warszawa–Poznań 1793, s. 97 i n.

¹⁶ Art. 87 ust. 2 Konstytucji.

¹⁷ Uchwały stanowiące akty prawa miejscowego na zasadzi upoważnienia ustawowego mogą podejmować np. rada gminy na podstawie ustawy z 1990 r. o samorządzie gminnym (tj. Dz.U. z 2001 r. Nr 142, poz.1591, rada powiatu na podstawie ustawy o samorządzie powiatowym (tj. Dz.U. z 2001 r. Nr 142, poz. 1592).

¹⁸ Art. 40 ust. 3 ustawy z 1990 r. o samorządzie gminnym, art., 40 ust. 2 ustawy o samorządzie powiatowym, przepisy ustawy o szkolnictwie wyższym.

podległe organowi wydającemu akt. Co za tym idzie nie mogą one nakładać obowiązków ani przyznawać uprawnień jednostkom nie związanym organizacyjnie, a także nie mogą w ten sposób regulować stosunków obywateli z organami administracji publicznej. Również w uczelniach lub innych podmiotach wskazanych ustawowo, a wykonujących zadania publiczne, normatywne akty wewnętrzne wydawane przez organy tych podmiotów mają na celu wypełnienie delegacji ustawowych i określenie nieuregulowanych kwestii w zakresie nadanej podmiotom autonomii. Poza adresatami tych aktów, korzystających z usług podmiotu wykonującego zadania publiczne mogą one być kierowane, tak jak w przypadku aktów normatywnych wydawanych przez Radę Ministrów, do jednostek organizacyjnych, w przypadku uczelni np. wydziałów. Mogą one regulować kwestie organizacyjne albo sposób wykonywania powierzonych uczelni zadań. W przypadku e-learningu tyczyć się to będzie nie tylko kwestii organizacyjnego podporządkowania, ale także sposobu, zakresu i treści kształcenia z wykorzystaniem technik e-learningowych. Regulacje organów uczelni w tym zakresie, będą miały normatywny charakter, gdy będą one podejmowane dla działalności zdecentralizowanej uczelni albo działalności wykonywanej w oparciu o wiedzę fachową i doświadczenie¹⁹. W pozostałej części przybierają one postać generalnych lub indywidualnych aktów administracyjnych, które bezpośrednio po ich wydaniu mogą być egzekwowane. Pomimo że ww. akty normatywne, stanowiące wewnętrzne źródła prawa, w obu przypadkach nie mogą bezpośrednio wpływać na losy adresatów, w różny sposób pośrednio rzutują na sytuację faktyczną czy prawną obywatela/studenta.

System źródeł prawa powszechnie obowiązującego różni się od systemu źródeł prawa wewnętrznego, który jest systemem otwartym. Wyraz tak przyjętej koncepcji widoczny jest w orzecznictwie Trybunału Konstytucyjnego²⁰, który przyjął że konstytucyjne wyliczenie źródeł prawa wewnętrznego w oparciu o art. 93 Konstytucji nie jest pełne, a „system aktów prawa wewnętrznego ma – w przeciwieństwie do systemu aktów będących źródłami prawa powszechnie obowiązującego – charakter systemu otwartego”. Oznacza to, że podstawowy kanon aktów normatywnych powszechnie obowiązujących stanowi Konstytucja, natomiast nie ma prawnych przeszkód, aby przepisy ustawowe upoważniały inne podmioty do stanowienia prawa o zawężonym kręgu oddziaływania – do wewnętrznego kręgu odbiorców. Zdaniem Trybunału uzupełnienie katalogu aktów prawnych będących źró-

¹⁹ J. Filipek, *Prawo administracyjne. Instytucje ogólne* – część 1, Zakamycze 2003, s. 271.

²⁰ Wyrok Trybunału Konstytucyjnego z dnia 1 grudnia 1998 r., K. 21/98, OTK ZU 1998/7/645, www.lex.pl.

dłami prawa wewnętrznego może następować zarówno na podstawie postanowień konstytucyjnych, jak i ustawowych, przy zachowaniu wszystkich podstawowych zasad i prawideł legislacyjnych. Zaznaczyć tutaj trzeba, że Konstytucja nie wylicza podmiotów uprawnionych do wydawania aktów prawa wewnętrznego, a co za tym idzie można domniemać, że akty prawa wewnętrznego mogą stanowić wszystkie organy państwowe czy samorządowe, we wszystkich formach prawnych, jednak zawsze wyłącznie w stosunku do adresatów, którzy pozostają z nimi w stosunkach prawnych.

Oddziaływanie prawa powszechnie obowiązującego oraz miejscowego czy wewnętrznego zawdzięcza swoją spójność i jednolitość hierarchicznemu usytuowaniu i obowiązywaniu aktów prawnych w systemie prawa, w tym także prawa administracyjnego. Źródła prawa niższego szczebla nie tylko muszą być zgodne z postanowieniami źródeł prawa wyższego szczebla, ale także czerpią z nich uzasadnienie swojego istnienia i obowiązywania.

W związku z tym organy administracji, w tym organy uczelni, obowiązane są działać na podstawie i w granicach prawa, co oznacza że do realizacji swoich zadań mogą wykorzystywać jedynie takie środki i ingerować w takie sfery życia, do których upoważnia je prawo. Stanowi to ograniczenie autonomii tych podmiotów, o której mowa była wcześniej, jako cechy nie posiadającej przymiotów nieograniczoności i samoistności. Wszystkie działania organów uczelni muszą legitymować się właściwą podstawą prawną. Oparcie działania na normie ustawowej umożliwia im uzasadnienie podjęcia tego działania, co więcej podjęcia go w określonej formie i określonych warunkach²¹.

Bez upoważnienia organy uczeni nie mogą działać, więc jej działania muszą zawsze odnosić się do prawa, gdyż ono wyznacza dla ich działań nieprzekraczalne granice. Jeżeli upoważnienie ustawowe dopuszcza pewien zakres swobody, organy uczelni mogą z niego skorzystać, nie przekraczając przy tym granic wyznaczonych przez prawo. Źródłem swobody w działaniach organów uczelni – poza upoważnieniem ustawowym – może być również konstrukcja samych norm prawnych. Na tym tle warto zwrócić uwagę, że działalność normodawcza szkół wyższych nie jest jednolicie określona w konstytucyjnym systemie źródeł prawa. Kwestia norm wewnętrznych aktów normatywnych w podmiotach wykonujących zadania publiczne w polskim reżimie prawnym nie została do tej pory poddana wyczerpującemu opracowaniu. Dlatego istotnym zagadnieniem jest miejsce norm prawa wewnętrznego w uczelniach w systemie upoważniających do ich wydania

²¹ A. Błaś [w:] *Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej oraz komentarz do Konstytucji RP z 1997 roku*, red. J. Boć, Wrocław 1998, s. 28.

norm ustawowych, stanowiących źródła prawa. Konstytucja nie wspomina wprost o stanowionym przez organy uczelni prawie, może to ze względu na wewnętrzność tych uregulowań. Mimo to za konstytucyjnie uznany należy traktować każdy przejaw aktywności prawodawczej organów uczelni, jeżeli ich działania mają uzasadnienie w aktach normatywnych wchodzących w skład zamkniętego konstytucyjnego systemu źródeł prawa. Uzasadnieniem normatywnej działalności organów szkół wyższych jest bowiem fakt, że w obrębie uczelni mamy do czynienia z pewnymi zależnościami prawnymi o charakterze administracyjnoprawnym i cywilnoprawnym²². Lokalny charakter tych przepisów, idąc za Piotrem Lisowskim należy rozumieć jako „zakres działania tej grupy podmiotów, gdzie konstrukcja lokalności opiera się pierwotnie na elementach przedmiotowo-podmiotowych, a wyodrębnienie terytorium ma znaczenie drugorzędne”²³.

Kończąc rozważania na temat źródeł prawa wewnętrznego podkreślić należy, że akty prawotwórcze wydawane w uczelniach, nie mogą być stanowione z naruszeniem norm konstytucyjnych, ustawowych, ani żadnych innych norm prawa powszechnie obowiązującego. Nie powstają one w próżni i w takiej też nie funkcjonują. Organy uczelni tworząc prawo muszą uwzględniać całość norm zawartych w aktach ustawowych dotyczących działalności szkół wyższych oraz norm konstytucyjnych. Żadne akty prawodawstwa wewnętrznego nie są wymienione w Konstytucji, co mogłoby prowadzić do błędnego wniosku, że działania organów uczelni w tym zakresie są niekonstytucyjne. Ustrojodawca bowiem wprowadził do Konstytucji zamknięty system prawa powszechnie obowiązującego oraz otwarty system źródeł prawa wewnętrznego. Prawo wewnętrzne podmiotów wykonujących zadania publiczne zawiera w swej treści normy prawne o różnorodnym charakterze, zarówno normy powszechnie obowiązujące, jak i te o charakterze wewnętrznym, które zawsze swe oparcie zawdzięczają powszechnie uznanym delegacjom zawartym w konstytucyjnych źródłach prawa.

Szczegółowe unormowania dotyczące prowadzenia zajęć dydaktycznych w formie e-learningu

Celem działania uczelni publicznych i niepublicznych jest prowadzenie badań naukowych i kształcenie studentów. W swoich działaniach uczelnie obowiązane są kierować się wolnością nauczania, badań naukowych i twór-

²² P. Lisowski, *Lokalne źródła prawa. Akty normatywne stanowione przez organy zakładów administracyjnych*, [w:] *Prawo administracyjne*, red. J. Boć, Wrocław 2000, s. 82–91.

²³ *Ibidem*.

czości artystycznej. By cele te mogły być realizowane, uczelnie zostały uznane za instytucje autonomiczne we wszystkich obszarach swojego działania²⁴. Na gruncie uprawnień zawartych w art. 70 ust. 5 Konstytucji szkoły wyższe, poza publicznym lub niepublicznym statusem zyskały status samodzielnych podmiotów, które wykonują zadania publiczne w imieniu państwa w oparciu o gwarantowaną im autonomię. Status szkół wyższych można zatem rozważać także jako autonomiczność tych jednostek względem państwa. Na gruncie przyjętych uregulowań władze publiczne zobowiązane są do utrzymywania, organizowania i prowadzenia szkół publicznych oraz kontroli funkcjonowania szkół niepublicznych.

Jak zatem należy rozumieć pojęcie autonomii uczelni? Autonomia w teoretycznym ujęciu oznacza to, że uczelnie, w ramach określonych przepisów ustawowych, decydują o tym, jakie kierunki studiów będą prowadzić (o jakie pozwolenia będą występować) i jakie badania naukowe będą podejmować. Literalny zapis art. 70 Konstytucji oznacza również, że ministerstwo nadzorujące uczelnie nie może narzucać szkołom wyższym swojego stanowiska w tym zakresie, nie uwzględniając głosu władz uczelni. Przedstawione reguły odnoszą się zarówno do uczelni publicznych, jak i niepublicznych. Profesor Lech Garlicki zauważa, że zasada ta tym wyraźniej zaznacza się w stosunku do uczelni niepublicznych, z racji ich usytuowania poza „...dominium państwa czy samorządu”²⁵. Definicje autonomii szkół wyższych można także odnaleźć w orzecznictwie Trybunału Konstytucyjnego. W Wyroku z dnia 8 listopada 2000 r.²⁶ stwierdził, że przez autonomię szkół wyższych należy rozumieć konstytucyjnie chronioną sferę wolności prowadzenia badań naukowych i kształcenia. By uczelnie mogły realizować te uprawnienia, zostały upoważnione do wydawania aktów wewnętrznych, bez względu na to, czy są to szkoły publiczne, czy też niepubliczne. Autonomii, o której w przywołanym wyroku pisał Trybunał Konstytucyjny nie należy jednak rozumieć w sposób nieograniczony. Wydając akty wewnętrzne oraz kreując w ten sposób prawa i obowiązki studenta uczelnie nie mogą działać w sposób dowol-

²⁴ Art. 4 ust. 1, ust. 2 i ust. 3 ustawy z dnia 27 lipca 2005 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym, Dz. U. 2005 Nr 164, poz. 1365 z późn. zm. Warto w tym miejscu nadmienić, że 18 marca 2011 r. uchwalona została gruntowna nowelizacja niniejszej ustawy. Celem przeprowadzonej nowelizacji było zwiększenie autonomii uczelni w stosunku do stanu dotychczasowego, poprzez rezygnację ze standardów kształcenia na większości kierunków i zastąpienia ich Krajowymi Ramami Kwalifikacji, dającymi większą swobodę uczelniom w zakresie decydowania o procesie kształcenia.

²⁵ L. Garlicki, *Komentarz do art. 70 Konstytucji*, System informacji prawniczej LEX.

²⁶ Wyrok Trybunału Konstytucyjnego z dnia 8 listopada 2000 r., SK 18/99, OTK nr 7/2000, poz. 258, www.lex.pl.

ny. Ich działania związane są granicami ustawy, która jasno określa ramowy zakres praw i obowiązków studentów. Owa ramowość zapisów ustawowych służy z jednej strony zachowaniu pewnej kontroli nad organami uczelni, aby dowolność kształtowania praw i obowiązków studenta nie naruszała jego praw podmiotowych, z drugiej – nieprzekraczając granicy autonomii uczelni, poprzez zupełne i wyczerpujące uregulowanie wszystkich spraw. Podejmując swoje decyzje organy uczelni muszą pozostać w zgodzie z prawem powszechnie obowiązującym. Co więcej do zachowania legalności swoich działań w tym zakresie potrzebują upoważnienia ustawowego. Mając powyższe na uwadze należy zgodzić się ze stanowiskiem Trybunału, że na autonomii szkół składa się: prawo do określenia treści i formy nauczania, prawo do ustalania metodyki i zakresu badań naukowych, prawo do samodzielnego ustanawiania swoich władz, prawo do określania swojego ustroju wewnętrznego, a także prawo do samodzielnego tworzenia programów kształcenia oraz sposobu prowadzenia zajęć.

Autonomia uczelni podobna jest zatem do autonomii jaką dysponują i inne podmioty funkcjonujące na rynku, zwłaszcza szeroko rozumianego rynku usług edukacyjnych, choć unormowania prawne dotyczące jakości kształcenia są określone na gruncie prawnym i rygorystycznie kontrolowane. Zgodzić się zatem należy ze stwierdzeniem Andrzeja Kiebały, że zapisy konstytucji gwarantują autonomię wszystkim rodzajom uczelni, bez względu na ich publiczny lub niepubliczny status²⁷. W poglądach Wilhelma von Humboldta²⁸, twórcy założeń autonomii uczelni, została ona określona jako przejaw posiadania przez uczelnie osobowości prawnej, uprawnienia do stanowienia prawa wewnętrznego oraz prawa do powoływania organów kolegialnych i jednoosobowych w uczeniu. Z tego też względu autonomię uczelni należy rozpatrywać zarówno w kontekście uczelni jako całości, jak i w odniesieniu do poszczególnych jednostek organizacyjnych, które zazwyczaj są wszakże uszczegółowieniem praw dotyczących uczelni jako całości.

Na tle rozważań o prawnych aspektach wprowadzania e-learningu w szkołach wyższych należy wyszczególnić zwłaszcza tę warstwę autonomii polegającą na prawie uczelni do samodzielnego określania swojej misji, określania planów i programów nauczania, prawa do określania regulaminu studiów, zasad i trybu przyjmowania na studia itp. Z punktu widzenia prowadzenia z zajęć w formie e-learningu istotnym obszarem autonomii uczelni jest pra-

²⁷ A. Kiebała, *Autonomia szkół wyższych*, [w:] *Szkolnictwo Wyższe w Polsce. Ustrój, prawo, organizacja*, red. S. Waltoś, A. Rozmus, Rzeszów 2009, s. 129.

²⁸ M. Chmieleński, *Atomizm a indywidualizm. Rozważania nad myślą polityczną i prawną Wilhelma von Humboldta*, Łódź 2004, s. 36.

wo do samodzielnego kształtowania planów i programów studiów. Swoboda uczelni w tym zakresie doznaje jednak coraz to dalej idących ograniczeń. Na gruncie ustawy o szkolnictwie wyższym w brzmieniu obowiązującym do nowelizacji z 2011 r.²⁹ autonomia w sposobie nauczania była ograniczana w pewnym stopniu przez standaryzację programów studiów. Chodziło tutaj o realizację studiów w oparciu o pewien przyjęty kanon, który zawierał obowiązujące minimum właściwe dla poszczególnych kierunków studiów, jednakowo na wszystkich uczelniach, który bezwzględnie musiał być realizowany, a stan jego realizacji podlegał kontroli. Na podstawie najnowszej nowelizacji ustawy z marca 2011 r. standaryzację nauczania na większości zastąpiono „Krajowymi Rami Kwalifikacji”, które zgodnie z art. 9 zmienionej ustawy³⁰ zawierać będą opis efektów kształcenia dla poszczególnych obszarów kształcenia. Potencjalnie zabieg ten ma zwiększać swobodę uczelni w tym zakresie, jednak sposób opisanie ram kwalifikacji przez nieostre określenie efektów, jakie powinny zostać osiągnięte na poszczególnych etapach kształcenia, nie działa na korzyść autonomii, a jedynie powoduje praktyczne komplikacje związane z realizacją procesu opracowywania i przygotowywania programów nauczania oraz późniejszego porównywania wykształcenia.

Problemy i kontrowersje wywołane takim ukształtowaniem przepisów powszechnie obowiązujących nie stanowią przedmiotu niniejszych rozważań, a ich przywołanie ma służyć jedynie wskazaniu zakresu zmian w autonomii uczelni, w kontekście sposobu udzielania oferowanych świadczeń. Taka zmiana zakresu autonomii uczelni wpływa na sposób realizacji zajęć z wykorzystaniem technik kształcenia na odległość, gdyż tak jak tradycyjne formy nauczania tak i e-learning musi w przekazywanych treściach być zgodny z ogólnie narzuconymi wytycznymi merytorycznej wartości prowadzonych zajęć. Organy uczelni tworząc przepisy regulujące kwestie zajęć prowadzonych w formie e-learningu muszą brać pod uwagę nie tylko sprawy związane z warunkami formalnymi ich realizacji, ale przede wszystkim możliwość merytorycznej realizacji założeń Krajowych Ram Kwalifikacji, w kontekście zdalnego przekazywania wiedzy.

Rozpoczynając szczegółową analizę uwarunkowań prawnych dotyczących kształcenia z wykorzystaniem technik e-learningu, należy pochylić się nad zakresem uprawnień i zdefiniowaniem organów, które władne są w uczelniach podejmować akty normatywne regulujące kwestie sposobu nauczania. Ustawa prawo o szkolnictwie wyższym przewiduje takie rodzaje organów

²⁹ Dz. U.2011.84.455 z późn. zm.

³⁰ Dz.U.2012.572 j.t.

uczelni jak: senat, rady podstawowych jednostek organizacyjnych, a w uczelniach publicznych także konwent – zaliczane do organów kolegialnych oraz rektora, kierowników podstawowych jednostek organizacyjnych, kanclerza – zaliczane do organów jednoosobowych³¹. Zarówno senat jak i rektor są organami upoważnionymi do uchwalania aktów normatywnych w uczelni stanowiących źródła prawa, na podstawie upoważnień ustawowych. Podział kompetencji pomiędzyrektorem, a senatem musi wykazywać pewną równowagę, zwłaszcza że te dwa organy są od siebie niezależne i żaden nie sprawuje władzy nad drugim. Senat jest najważniejszym organem kolegialnym uczelni, uprawnionym do podejmowania decyzji związanych z funkcjonowaniem uczelni w oparciu o przepisy statutu i przepisy powszechnie obowiązujące. Senat uczelni publicznej uchwała statut, w którym decyduje o swoim składzie, gwarantując miejsce wszystkim przedstawicielom grup użytkowników i pracowników uczelni.

Statut uczelni niepublicznej może zostać nadany przez założyciela albo uchwalony przez organ kolegialny wskazany w statucie, przy czym pierwszy statut uczelni niepublicznej nadaje zawsze założyciel. W przypadku braku postanowień statutu w tym zakresie należy przyjąć, że to założyciel ma wyłączną kompetencję do nadania lub zmiany statutu. Na gruncie przyjętych rozwiązań można domniemać, że uchwały podejmowane przez organy szkół wyższych będą zaspokajały interesy wszystkich grup funkcjonujących w uczelni i w ten sposób cel do jakiego zostały powołane szkoły wyższe będzie lepiej realizowany. Jedną z podstawowych kompetencji senatu jest przecież tworzenie prawa, które stanowi źródło stosunków wewnętrznych uczelni. Senat podejmuje działania z reguły na wniosek rektora, co ma na celu ograniczenie władzy kolegialnej i zachowanie równowagi decyzyjnej. Senat nie powinien przejmować kompetencji rektora, a rektor nie powinien przerzucać ciężaru odpowiedzialności wyłącznie na senat. Z drugiej strony działania rektora są w dużej części dyktowane przez kierunki działania uczelni, wytyczone i podjęte przez organ kolegialny. Zarówno senat, jak i rektor ponoszą odpowiedzialność za to co dzieje się w uczelni oraz za to, w jaki sposób tworzone są przepisy wewnętrzne, a także odpowiadają za ich zgodność z prawem powszechnie obowiązującym.

Rzecz ma się podobnie w stosunku do interesującego nas na gruncie niniejszego artykułu zagadnienia. Za prawidłowość wprowadzenia i realizowania kształcenia z wykorzystaniem technik e-learningowych odpowiada zarówno senat, jak i rektor. Uchwały senatu są wiążące dla pozostałych orga-

³¹ Przepisy działu II, rozdziału 2 ustawy o szkolnictwie wyższym.

nów w uczelni³². Jednakże, jeżeli rektor stwierdzi, że podjęta uchwała narusza obowiązujące przepisy lub statut uczelni, jest władny zawiesić wykonanie takiej uchwały w celu ponownego rozpatrzenia sprawy przez senat. Jeżeli senat nie zmienia albo nie uchyli wadliwie uchwalonych przepisów wewnętrznych, rektor przekazuje sprawę właściwemu ministrowi, który rozpoczyna postępowanie nadzorcze³³. Przykładowo, jeżeli senat podejmuje uchwałę o możliwości prowadzenia zajęć z wykorzystaniem technik kształcenia na odległość niezgodnie z art. 164 ust. 3 i 4 ustawy o szkolnictwie wyższym, rektor może rozpocząć wyżej opisaną procedurę, na mocy ustawowo przyznanej mu kompetencji. Nie tylko senat posiada uprawnienie do tworzenia przepisów prawa w uczelniach, również rektor może tworzyć przepisy normatywne, na podstawie ustawowo przyznanej mu kompetencji np. do tworzenia regulaminów – na mocy art. 186 ustawy o szkolnictwie wyższym albo z upoważnienia senatu, co ma często miejsce w związku z wprowadzaniem e-learningu w uczelniach.

Obok rektora organami kompetentnymi do wprowadzania technik e-learningowych do programów kształcenia są poszczególne wydziały. Działają one przez swoje organy: rady wydziałów – jako organy kolegialne i dziekanów – jako organy jednoosobowe. Skład rady poszczególnych wydziałów określa statut³⁴. Procentowy skład rady wydziału określają przepisy statutu, podobnie jak tryb wyborów składu rady, z wyjątkiem jej przewodniczącego, którym jest dziekan. Pozostałymi członkami rady są przedstawiciele wszystkich grup użytkowników i pracowników uczelni tj. nauczyciele akademicy, studenci, doktoranci oraz pracownicy. Podstawowymi zadaniami poszczególnych jednostek organizacyjnych – wydziałów jest, poza ustalaniem ogólnych kierunków działalności jednostki, uchwalanie planów i programów studiów, studiów doktoranckich i podyplomowych. To na tym etapie wprowadzane są w życie postanowienia uchwał senatu i zarządzeń rektora na temat zasad realizowania e-learningu³⁵. By zabezpieczyć prawidłową realizację uchwał organu kolegialnego i zarządzeń rektora na poziomie podstawowych jednostek organizacyjnych uczelni, dziekan został wyposażony w kompetencje kontrolujące prawidłowość tego procesu³⁶. Może on odwołać się do senatu uczelni od każdej uchwały rady jednostki, jeżeli uzna, że rada jednostki podjęła uchwałę niezgodną z obowiązującymi przepisami lub narusza ważny interes uczelni. W takiej

³² Art. 65 ustawy o szkolnictwie wyższym.

³³ Art. 65 ust. 2 ustawy o szkolnictwie wyższym.

³⁴ Art. 67 ust. 1 ustawy o szkolnictwie wyższym.

³⁵ Art. 68 ust 1 ustawy o szkolnictwie wyższym.

³⁶ Art. 68 ust 4 ustawy o szkolnictwie wyższym.

sytuacji senat może wadliwą uchwałę uchylić³⁷. Analizując powyżej opisane kompetencje poszczególnych organów uczelni można zauważyć pewne prawidłowości w zakresie ich wzajemnych upoważnień na określonych szczeblach uczelnianej hierarchii. Podobnie jak w relacji senat – rektor, tak i w relacjach rada wydziału – dziekan, kompetencje i uprawnienia poszczególnych organów wzajemnie się ograniczają, po to aby żaden z nich nie zgromadził zbyt dużej władzy. Organy jednoosobowe mają kompetencje do zablokowania uchwał organów kolegialnych, przez wszczęcie postępowania nadzorczego; z kolei organy kolegialne mogą analizować działalność organów jednoosobowych przez sprawozdania czy kontrolę zasadności podjętych przez nie działań np. senat raz do roku zatwierdza sprawozdanie rektora z jego działalności.

W rozdziale 1 działu IV ustawy o szkolnictwie wyższym zostały opisane zasady organizacji studiów, wraz z kwestiami dotyczącymi możliwości i sposobu prowadzenia zajęć dydaktycznych z wykorzystaniem technik kształcenia na odległość. Sama ustawa w art. 164 ust 3 i 4 dopuszcza możliwość prowadzenia zajęć w formie e-learningu. Natomiast szczegółowe unormowania dotyczące warunków, jakie muszą być spełnione, aby można było prowadzić takie zajęcia określa rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 25 września 2007 r. w sprawie warunków jakie muszą być spełnione, aby zajęcia dydaktyczne na studiach mogły być prowadzone z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość³⁸ (zwanego dalej rozporządzeniem). Widoczna jest tu zależność hierarchiczna pomiędzy aktami prawnymi stanowiącymi źródła prawa, które bezpośrednio wpływają na sposób udzielania świadczeń przez uczelnię, o czym była mowa wcześniej. By móc prowadzić zajęcia dydaktyczne w formie e-learningu, uczelnie obowiązane są spełnić szereg warunków prawnych i wymagań jakościowych, tak aby proces kształcenia był kompletny i nie odbiegał od zakładanych „standardów”. Przystępując do uruchamiania zajęć z wykorzystaniem form kształcenia na odległość, uczelnia musi spełnić następujące warunki: „posiadać kadrę nauczycieli akademickich przygotowanych do prowadzenia zajęć dydaktycznych z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość, zapewnić dostęp do infrastruktury informatycznej i oprogramowania, które umożliwiają synchroniczną i asynchroniczną interakcję między studentami i nauczycielami akademickimi, zapewnić materiały dydaktyczne opracowane w formie elektronicznej, zapewnić każdemu studentowi możliwość osobistych konsultacji z prowadzącym zajęcia dydaktyczne w siedzibie uczel-

³⁷ Art. 68 ust. 5 ustawy o szkolnictwie wyższym.

³⁸ Dz. U. 2007 Nr.188, poz. 1374 z późn. zm.

ni, zapewnić bieżącą kontrolę postępów w nauce studentów, weryfikację ich wiedzy i umiejętności, w tym również przez przeprowadzenie zaliczeń i egzaminów kończących zajęcia dydaktyczne z określonego przedmiotu w siedzibie uczelni, zapewnić bieżącą kontrolę aktywności prowadzących zajęcia”³⁹.

Ważny jest tu zwłaszcza zapis o obowiązku łącznego spełniania przytoczonych wyżej warunków. Oznacza to, że uczelnia przed przystąpieniem do uruchomienia kursu, stanowiącego część planu studiów w ramach konkretnego przedmiotu, musi poczynić specjalne przygotowania, tak aby wraz z uruchomieniem kursu zapewnić studentom możliwość pełnego uczestniczenia w zajęciach. Spośród wymienionych w rozporządzeniu warunków prowadzenia studiów z wykorzystaniem zajęć e-learningowych warto zatrzymać się przy kwestii związanej z kontrolą postępów w nauce studentów odbywających zajęcia z wykorzystaniem platform e-learningowych. Wartą zastanowienia wydaje się kwestia możliwości przeprowadzania egzaminów końcowych z przedmiotu na platformie e-learningowej. Komentowany przepis stanowi, że przeprowadzenie zaliczeń i egzaminów kończących zajęcia dydaktyczne z określonego przedmiotu ma nastąpić w siedzibie uczelni. Z kolei na gruncie odesłania ustawowego z art. 162 ustawy, to regulaminy studiów określają sposób składania egzaminów i zaliczeń. Rozporządzenie w sprawie warunków, jakie muszą spełniać regulaminy studiów⁴⁰, powtarza jedynie za ustawą materię objętą treścią regulaminów. Uwzględniając konieczność weryfikacji danych osobowych studenta przystępującego do egzaminu, przy zapewnieniu warunków samodzielnego i uczciwego przeprowadzenia egzaminu, moim zdaniem nie ma przeszkód do prowadzenia egzaminów za pośrednictwem platform e-learningowych, o ile dostęp do platformy w trakcie egzaminu będzie możliwy wyłącznie z siedziby uczelni, filii uczelni lub wydziału zamiejscowego, w warunkach umożliwiających weryfikację samodzielności pracy studenta. Jedność miejsca i czasu odbywania egzaminu przez studentów pozostaje zachowana, natomiast dostępność prowadzącego zajęcia-egzaminującego w czasie egzaminu może być kształtowana dowolnie tzn. może on być dostępny na platformie w czasie trwania egzaminu (możliwość prowadzenia egzaminów ustnych za pomocą wideokonferencji z udziałem osób kontrolujących proces egzaminowania) lub też może dokonać oceny złożonego egzaminu z uwzględnieniem interwału czasowego. Kolejną istotną rzeczą jest konieczność przygotowania

³⁹ § 2 rozporządzenia, Dz. U. 2007 Nr 188, poz. 1374 z późn. zm.

⁴⁰ Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 lipca 2011 r. w sprawie warunków, jakim muszą odpowiadać postanowienia regulaminu studiów w uczelniach (Dz.U.11.160.958).

kursów w formie multimedialnej, tak aby stanowiły one uzupełnienie zajęć dydaktycznych prowadzonych w tradycyjnej formie. Zasadą jest bowiem, że liczba godzin zajęć na wszystkich typach i formach studiów prowadzonych w formie e-learningu nie może przekroczyć 60% określonej w standardach liczby godzin zajęć prowadzonych w tradycyjnej formie⁴¹. Postanowienia rozporządzenia w tym zakresie były dwukrotnie zmieniane, przez zmniejszanie lub zwiększanie procentowej liczby godzin udziału zajęć w formie e-learningu w liczbie godzin tradycyjnie odbywanych zajęć, by finalnie uplasować się na poziomie wspomnianych 60%. Początkowo w przepisach rozporządzenia został przewidziany podział liczby godzin możliwych do przeprowadzenia w formie e-learningu w zależności od posiadanych przez daną jednostkę organizacyjną uprawnień do nadawania stopnia naukowego doktora habilitowanego, stopnia naukowego doktora oraz pozostałych jednostek, odpowiednio 80% godzin, 60% godzin i 40% godzin ogólnej liczby godzin dydaktycznych określonych przez standardy⁴². Rozporządzeniem zmieniającym z dnia 31 października 2007 r.⁴³ wprowadzono § 5a, w którym liczba godzin zajęć w formie e-learningu została określona na poziomie 70% godzin ustalonych w standardach, z wyłączeniem zajęć praktycznych i laboratoryjnych, w stosunku do studentów, którzy przebywają w krajach pozaeuropejskich. § 5a funkcjonował wraz z uregulowaniami wprowadzonym we wrześniu tego roku, a co za tym idzie rozpiętość godzinowego wymiaru e-learningu była ogromna.

Przedstawiony stan uregulowania obowiązywał stosunkowo krótko, gdyż w 2008 r.⁴⁴ ujednolicono dotychczasowe zasady uchylając § 5a, a w § 5 w rozporządzeniu z września 2007 r. wprowadzając zasadę „60% godzin” jednakowo w stosunku do wszystkich jednostek organizacyjnych uczelni i w stosunku do wszystkich studentów. Tak częste zmiany w określeniu relacji godzinowej zajęć dydaktycznych prowadzonych przy bezpośrednim kontakcie prowadzących i studentów na sali wykładowej i zajęć w formie e-learningu świadczą o dynamice tworzonego systemu nauczania. Kolejną istotną zmianą ograniczającą modyfikującą wymiar godzin zajęć prowadzonych w formie e-learningu, była zmiana wprowadzona na gruncie ustawy

⁴¹ § 5 rozporządzenia Dz. U. 2007 Nr 188, poz. 1374 z późn. zm., uregulowanie to dotyczy programów studiów realizowanych w oparciu o stan prawny przed nowelizacją ustawy szkolnictwie wyższym.

⁴² Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 25 września 2007 r. w sprawie warunków, jakie muszą być spełnione, aby zajęcia dydaktyczne na studiach mogły być prowadzone z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość, Dz. U. 2007 Nr 188, poz. 1374.

⁴³ Dz. U. 2007 Nr 208, poz. 1506.

⁴⁴ Dz. U. 2008 Nr 90, poz. 551.

o szkolnictwie wyższym. Poprzez zmianę treści art. 2 ust. 1 pkt 12 ustawy o szkolnictwie wyższym, wprowadzono istotne ograniczenie obowiązujących przepisów rozporządzenia, co do wymiaru zajęć e-learningowych. Przez zdefiniowanie studiów stacjonarnych jako formy studiów wyższych, w której co najmniej połowa programu kształcenia jest realizowana w postaci zajęć dydaktycznych wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich i studentów, sześćdziesięcioprocentowy wymiar zajęć w e-learningu staje się przepisem, nie znajdującym zastosowania w praktyce.

Przepisy ustawy jako nadrzędne nad normami wynikającymi z uregulowań rozporządzenia nie pozwalają w efekcie na podjęcie przez radę wydziału decyzji o prowadzeniu zajęć z danego przedmiotu w maksymalnym wymiarze innym niż w proporcji 50% zajęć w formie tradycyjnego kontaktu z wykładowcom i 50% w formie e-learningu. Powstaje zatem pytanie czy możliwe jest prowadzenie zajęć z przedmiotów, w ramach których dominującą formą będzie e-learning? W odniesieniu do studiów stacjonarnych można jasno wskazać, że odpowiedź na postawione pytanie będzie raczej przecząca. Odpowiedź ta nie jest jednoznaczna, gdyż wraz z wprowadzeniem zapisu art. 2 ust. 1 pkt 12 ustawy o szkolnictwie wyższym nie zostało zdefiniowane pojęcie bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich i studentów w zajęciach.

Inaczej sprawa ma się w odniesieniu do studiów niestacjonarnych. Na gruncie obecnie obowiązujących przepisów prawa o szkolnictwie wyższym studia niestacjonarne zostały zdefiniowane jako forma studiów wskazana przez uczelnię, niebędąca studiami stacjonarnymi. Cała przedstawiona definicja jest konstrukcją prostą i oczywistą w odniesieniu do definicji studiów stacjonarnych i może być oceniona jako zbędna z punktu widzenia treści oraz zasad legislacyjnych. Potwierdza ona, co prawda, pozostawienie uczelni decyzji w gestii każdej z form prowadzenia kształcenia, jednak nie niesie ze sobą treści innych niż te wynikające z interpretacji definicji studiów stacjonarnych. Sformułowanie definicji przez zwrot „niebędąca studiami stacjonarnymi”, na gruncie prawnych możliwości wprowadzania e-learningu w szkołach wyższych daje możliwość stosowania wprost przepisów rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 25 września 2007 r. na wszystkich innych formach studiów, które nie są studiami stacjonarnymi. Co za tym idzie na studiach niestacjonarnych istnieje możliwość, aby forma e-learningu dominowała nad tradycyjną formą prowadzenia zajęć.

Ponieważ prowadzenie zajęć w formie e-learningu jest możliwością, a nie powinnością uczelni⁴⁵, o przyjęciu takich form kształcenia decyduje senat, podejmując stosowną uchwałę. Zgodnie z art. 62 ust. 1 ustawy kompetencje senatu określa statut uczelni. Co do zasady statuty przyznają uprawnienia do podejmowania kluczowych decyzji w sprawach uczelni organowi kolegialnemu – senatowi, któremu przewodniczy rektor danej uczelni. To senat podejmuje uchwały dotyczące sposobu prowadzenia rekrutacji w uczelni, uchwała strategię rozwoju uczelni, a także podejmuje uchwały w sprawie ogólnych zasad prowadzenia zajęć z wykorzystaniem form kształcenia na odległość. W takich uchwałach senat może, a nawet powinien określić rodzaje e-zajęć, które mogą być prowadzone w formie e-learningu, przykładowo może być to: e-wykład stanowiący odpowiednik tradycyjnego wykładu, e-ćwiczenia, e-lektorat czy e-seminarium stanowiące odpowiednik tradycyjnych zajęć. Senat uczelni może określić, na czym mają polegać zajęcia prowadzone w takiej formie w sposób szczegółowy, tworząc kompleksową regulację, albo jak to zazwyczaj bywa określić jedynie ramy realizacji e-learningu w uczelni, a szczegółową regulację w tym zakresie pozostawić w rękach rektora. W praktyce najczęściej uchwały senatu sprowadzają się do niewielkiego uszczegółowienia postanowień rozporządzenia, natomiast co do zasady stanowią powtórzenie jego postanowień.

Ciężar stworzenia regulacji, na podstawie której rady poszczególnych jednostek organizacyjnych uczelni będą mogły wprowadzać e-zajęcia do planów i programów studiów, spoczywa na rektorze. Rektor uczelni, by uczynić zadość wymaganiom przepisów powszechnie obowiązujących, na mocy zarządzenia, powinien określić sposób prowadzenia e-zajęć, tzn. czy dopuszczalnym będzie e-learning synchroniczny, asynchroniczny. By zajęcia prowadzone z wykorzystaniem form kształcenia na odległość mogły być realizowane w odniesieniu do konkretnych przedmiotów, konieczne jest właściwe przygotowanie kursu, tak aby spełniał on wymagania Krajowych Ram Kwalifikacji. Uczelnie obowiązane są zapewnić kontrolę nie tylko efektów realizacji zajęć, zarówno po stronie studentów jak i prowadzących, ale zanim do tego dojdzie, kontrolę i ocenę prawidłowości przygotowania kursu. Obowiązek taki nie wynika literalnie z przepisów ustawy ani rozporządzenia, ale jest logiczną konsekwencją przyjętych w nich rozwiązań. Zgodnie z § 4 rozporządzenia uczelnia obowiązana jest do weryfikacji wiedzy i umiejętności studentów w sposób zapewniający realizację wymagań określonych w standardach kształcenia dla poszczególnych kierunków studiów. Aby to uczynić należy najpierw przygotować pro-

⁴⁵ Art. 164 ust. 3 ustawy o szkolnictwie wyższym.

gram zajęć tak, aby było to możliwe. W tym celu konieczne jest wypracowanie wewnętrznej procedury kontrolnej przygotowania części e-learningowej zajęć. Proces certyfikacji powinien uwzględniać kontrolę wymagań, jakie muszą spełniać e-zajęcia w zależności od ich typu, formy oraz stopnia nasycenia elementami zdalnymi. Procedura taka jest niezwykle istotna z punktu widzenia rad wydziałów, które są organami odpowiadającymi w pierwszej kolejności za jakość procesu kształcenia. To rada wydziału pod przewodnictwem dziekana tworząc plan studiów decyduje, które z zajęć mogą być prowadzone z wykorzystaniem form kształcenia na odległość, a które nie. Udzielanie świadczeń na podstawie wiedzy fachowej niejako wymusza tego typu rozwiązania, gdyż jedynie specjaliści w danej dyscyplinie, wchodzący w skład rad wydziałów, są w stanie odpowiedzialnie decydować, w jakich obszarach celowe i efektywne jest kształcenie z wykorzystaniem wsparcia nowoczesnej techniki.

Podsumowanie

Wielość sytuacji możliwych do zaistnienia, tak jak i w innych dziedzinach życia, tak jak w procesie nauczania, nie jest możliwa do ujęcia w wyczerpujący sposób w ramach systemu prawa. Konieczność wymiernego czuwania nad jakością udzielanych usług oraz brak zaufania do nowych technologii w procesach kształcenia, w dużej mierze przyczyniają się do ostrożności legislacyjnej ustawodawcy i organów uczelni. Prowadzenie niektórych zajęć wyłącznie w formie e-learningu na obecnym etapie zmian w realizacji procesu nauczania w szkołach wyższych, nie jest raczej jeszcze możliwe. Najbliższym wyzwaniem w kwestii wprowadzania e-learningu w szkołach wyższych będzie dostosowanie metodologii i technologii prowadzenia zajęć w formie e-learningu do programów kształcenia opartych na Krajowych Ramach Kwalifikacji. Zajęcia prowadzone w formie e-learningu mają bowiem za zadanie uzupełniać, a nie zastępować zajęcia prowadzone w tradycyjnej formie. Zmiana programu nauczania w ramach jednej formy kształcenia, wymusza taka zmianę również w ramach drugiej formy kształcenia. Odnosząc się do obecnie obowiązujących zasad, ustalenie wzajemnej relacji zajęć prowadzonych w formie tradycyjnej i multimedialnej ma w założeniu ustawodawcy pozwolić na kontakt wykładowcy ze studentami nie tylko za pomocą elektronicznych środków przekazu, ale także osobiście, co może przyczynić się do lepszej kontroli osiągniętych przez studentów postępów w nauce i weryfikacji ich umiejętności. W celu zrealizowania takich obowiązków uczelnie muszą

zapewnić bieżącą kontrolę prowadzonych zajęć i przeszkolić studentów w zakresie korzystania z form kształcenia na odległość. Zdaniem Autorki studenci w ramach przedmiotów związanych z technologiami informatycznymi, poza podstawowymi programami umożliwiającymi obsługę komputera i realizację stawianych przed potencjalnymi pracownikami zadań, powinni obowiązkowo szkolić się w zakresie e-learningowych form kształcenia.

Bibliografia

Błaś A., *Niekonstytucyjne zjawiska w administracji publicznej*, [w:] *Instytucje współczesnego prawa administracyjnego. Księga jubileuszowa Profesora zw. dra hab. Józefa Filipka*, red. I. Skrzydło-Niżnik, Kraków 2001.

Jęzewski J., *O strukturze pojęciowej ustrojowego prawa administracyjnego*, „Acta Universitatis Wratislaviensis. Przegląd Prawa i Administracji” 1997, t. 38.

Tabernacka M., *Zakres wykonywania zadań publicznych przez organy samorządów zawodowych*, Kolonia 2007.

Balaś A., Kuta T., *Prawo administracyjne. Podstawowe zagadnienia terminologiczno-pojęciowe*, Wrocław–Poznań 1998.

Longchamps E., *Współczesne problemy podstawowych pojęć prawa administracyjnego*, PiP 1996, z. 6.

Ochendowski E., *Prawo administracyjne. Część ogólna*, Toruń 2004.

Nowicki J., Tobor Z., *Wstęp do prawoznawstwa*, Katowice 1999.

Stelmasiak J., *Źródła prawa administracyjnego w okresie transformacji ustrojowej w Polsce*, [w:] *Administracja i prawo administracyjne u progu trzeciego tysiąclecia*, Łódź 2000.

Źródła prawa administracyjnego, red. J. Boć, [w:] *Prawo administracyjne*, Kolonia 2000.

Longchamp E., *O źródłach prawa administracyjnego*, [w:] *Studia z zakresu prawa administracyjnego ku czci prof. dr Mariana Zimmermana*, Warszawa–Poznań 1993.

Błaś A., [w:] *Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej oraz komentarz do Konstytucji RP z 1997 roku*, red. J. Boć, Wrocław 1998.

Lisowski P., *Lokalne źródła prawa. Akty normatywne stanowione przez organy za-
kładów administracyjnych*, [w:] *Prawo administracyjne*, red. J. Boć, Wrocław 2000.

Garlicki L., *Komentarz do art. 70 Konstytucji*, System informacji prawniczej LEX.

Kiebała A., *Autonomia szkół wyższych*, [w:] *Szkolnictwo Wyższe w Polsce. Ustrój, pra-
wo, organizacja*, red. S. Waltoś, A. Rozmus, Rzeszów 2009.

Chmieleński M., *Atomizm a indywidualizm. Rozważania nad myślą polityczną
i prawną Wilhelma von Humboldta*, Łódź 2004.

Zieliński Z., *Systemy informatyczne w zarządzaniu e-learning*, [http://www.elearning-
online.pl/wp-content/upload/konf_kielce06.pdf](http://www.elearning-online.pl/wp-content/upload/konf_kielce06.pdf), 04.02.2011.

Lis Z., Zieliński Z., *Wspomaganie procesu edukacji z wykorzystaniem e-learning –
CAEC*, Świętokrzyskie Centrum Edukacji na Odległość 1/2006, Kielce 2006.

Akty prawne

Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r., Dz. U. 1997, nr 78,
poz. 483 ze zm.

Ustawa z dnia 27 lipca 2005 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym, Dz. U. 2005 Nr 164,
poz. 1365 z późn. zm.

Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 25 września 2007 r.
w sprawie warunków jakie muszą być spełnione, aby zajęcia dydaktyczne na stu-
diach mogły być prowadzone z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na od-
ległość, Dz. U. 2007 Nr. 188, poz. 1374 z późn. zm.

Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 lipca 2011 r.
w sprawie warunków, jakim muszą odpowiadać postanowienia regulaminu studiów
w uczelniach, Dz.U.11.160.958.

Ustawa z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym, tekst jedn.: Dz.U.2013.594.

Ustawa z dnia 5 czerwca 1998 r. o samorządzie powiatowym, tekst jedn.:
Dz.U.2013.595.

Orzecznictwo

Wyrok Trybunału Konstytucyjnego z dnia 1 grudnia 1998 r., K. 21/98, OTK ZU
1998/7/645, www.lex.pl.

Wyrok Trybunału Konstytucyjnego z dnia 8 listopada 2000 r., SK 18/99, OTK
nr 7/2000, poz.258, www.lex.pl.

Atrakcyjność i efektywność form kształcenia na odległość w doskonaleniu kluczowych kompetencji w ocenie uczestników różnych poziomów kształcenia

Marta Woźniak-Zapór, Szczepan Urlik

Streszczenie

W rozdziale przytoczony został krótki opis tradycyjnych metod kształcenia stacjonarnego, wraz z możliwością adaptacji ich na potrzeby nauczania na odległość. Przedstawione i omówione zostały wyniki badań prowadzonych wśród uczestników trzech poziomów kształcenia. Celem badania była odpowiedź na pytanie, czy nauczanie na odległość – w porównaniu z innymi, powszechnie stosowanymi formami przekazywania wiedzy – jest wysoko oceniane jako efektywne i atrakcyjne przez potencjalnych odbiorców.

Wstęp

Kształcenie na odległość, a w tym również e-learning wciąż silnie się rozwija [8, 9]. Kształcenie to zgodnie z definicją „ogół czynności (wewnętrznych i zewnętrznych) umożliwiających ludziom poznanie przyrody, społeczeństwa i kultury oraz uczestnictwo w ich kształtowaniu, a zarazem osiągnięcie możliwie wielostronnego rozwoju sprawności, zdolności i uzdolnień, zainteresowań i zamiłowań, przekonań i postaw, jak również nabycie pożądanych kwalifikacji zawodowych”¹.

Metody kształcenia stacjonarnego zostały sklasyfikowane w czterech grupach [1, 2, 3, 4]:

1. metody asymilacji wiedzy polegające na przekazywaniu przez nauczyciela gotowej wiedzy w celu przyswojenia jej przez uczniów, czego przykładem jest chociażby wykład, pogadanka, czy też dyskusja,
2. metody samodzielnego dochodzenia do wiedzy, a więc metody problemowe, zmuszające do analizy i syntezy zdobytych informacji, czyli uczenia się przez odkrywanie. Do tej grupy metod zalicza się m.in. klasyczną metodę problemową, metodę przypadków, metodę sytuacyjną, giełdę pomysłów, mikronauczanie, gry dydaktyczne (inscenizacje, gry symulacyjne);

¹ W. Okoń, *Wprowadzenie do dydaktyki ogólnej*, Warszawa 1995, s. 57.

3. metody waloryzacyjne czyli uczenie się przez przeżywanie – metody impresyjne, metody ekspresyjne;
4. metody praktyczne czyli uczenie się przez działanie – metody ćwiczebne, metody realizacji zadań wytwórczych.

E-learning w swej definicji zawiera stwierdzenie, że jest to ogół procesów związanych z kształceniem odbywającym się w środowisku IT. Zgodnie z [5, 6] „E-learning jest interaktywnym procesem kształcenia, który poprzez dostępne środki techniczne umożliwia realizację określonych relacji pomiędzy wykładowcą (tutorem) 2 i studentem, a także pomiędzy poszczególnymi studentami w grupie.” Dzięki rozwojowi kształcenia na odległość, niektóre z wymienionych wyżej tradycyjnych metod kształcenia zyskują nowe znaczenie. Jedną z podstawowych metod asymilacji wiedzy, które zostały dostosowane do potrzeb e-learningu jest wykład, który realizowany może być zarówno w formie nagrania wideo, jak i w formie prezentacji umieszczonej w Internecie prezentacji umieszczonej w Internecie jedynie sygnalizującej problemy [8, 9]. Z kolei wszystkie metody, w których konieczna jest wymiana informacji pomiędzy uczniem i nauczycielem, a więc większość spośród metod sklasyfikowanych przez Okonia jako metody samodzielnego dochodzenia do wiedzy, asymilacji wiedzy i metody praktyczne znajdują swoje odzwierciedlenie chociażby w forach dyskusyjnych, czy korespondencji przy użyciu poczty elektronicznej.

Zespół kompetencji określonych i jasno zdefiniowane w [4] jako kompetencje kluczowe, a więc: porozumiewanie się w języku ojczystym, porozumiewanie się w językach obcych, kompetencje matematyczne i podstawowe, kompetencje informatyczne, umiejętność uczenia się, kompetencje społeczne i obywatelskie, inicjatywa i przedsiębiorczość, świadomość i ekspresja kulturalna, które są niezbędne każdemu człowiekowi do samorealizacji i rozwoju osobistego. Należy zatem zwrócić szczególną uwagę na to, aby forma kształcenia wymienionych kompetencji była zarówno atrakcyjna, jak i efektywna.

Czy jednak kształcenie na odległość uznawane jest przez odbiorców, a więc uczniów, słuchaczy, studentów jako atrakcyjne i efektywne w procesie kształcenia kompetencji kluczowych? W celu odpowiedzi na to pytanie zostały przeprowadzone badania, których wyniki przedstawione zostaną w niniejszym rozdziale.

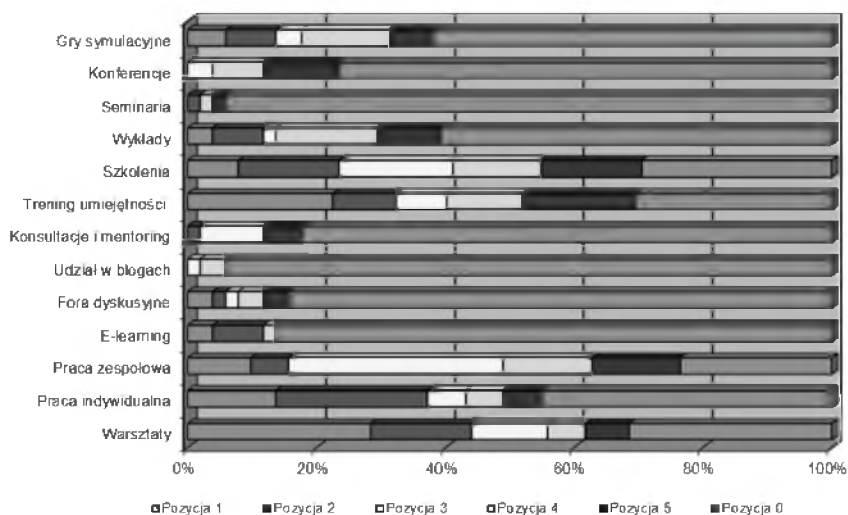
Metodologia

Badanie miało charakter ankietowy – ankietą audytoryjną, anonimową. Ankietę składała się z sześciu pytań. Pozwolą one na określenie, jaka forma kształcenia wydaje się najbardziej efektywna, a jaka najbardziej atrakcyjna dla osób będących uczestnikami różnych poziomów kształcenia. Umożliwią również analizę różnic dotyczących form kształcenia preferowanych przez osoby – z uwagi na poziom kształcenia – zakwalifikowane do trzech grup. Pytania umieszczone w ankiecie pozwolą także na określenie aktualnego w chwili prowadzenia badań poziomu kompetencji informatycznych osób biorących udział w ankiecie. Pytania zadano 210 osobom, w tym uczniom liceum, szkoły policealnej i studentom AGH i KA w roku akademickim 2008/2009.

Wyniki badań

Zadaniem ankietowanych było dokonanie oceny atrakcyjności i efektywności zajęć realizowanych w różnych formach. Osoby biorące udział w badaniu zostały poproszone o wybranie spośród wymienionych w ankiecie propozycji zajęć, pięciu form, które ich zdaniem są odpowiednio – najatrakcyjniejsze i najefektywniejsze, jak również dalsze ich uszeregowanie zgodnie ze stopniem ich atrakcyjności. Pytania miały charakter zamknięty z kategorią koniunktywną, niemniej jednak nikt spośród ankietowanych w żadnym z pytań nie umieścił swojej odpowiedzi w miejscu „inne”. Poszczególne propozycje zajęć zostały dobrane w taki sposób, aby możliwe było uzyskanie najpełniejszej informacji na temat atrakcyjności różnych form kształcenia. Właśnie z uwagi na ten fakt obok odpowiedzi dotyczących tradycyjnych i najczęściej stosowanych form kształcenia stacjonarnego pojawiły się te, które kojarzone są wyłącznie z nauką na odległość, wykorzystaniem komputera, czy też odpowiedzi dotyczące pracy indywidualnej – samokształcenia i pracy zespołowej, jak również odpowiedź mówiąca o e-learningu w sposób ogólny z wszystkimi dostosowanymi do niego formami nauczania-uczenia się.

Ponieważ badania prowadzone były wśród ankietowanych podzielonych na trzy grupy, poszczególne wyniki badań przedstawione zostaną z uwzględnieniem różnic w uzyskanych w tych grupach.



Rys. 1. Procentowy rozkład pozycji, na których umieszczone zostały poszczególne formy prowadzonych zajęć z uwagi na ich atrakcyjność.

Badanie w grupie licealistów.

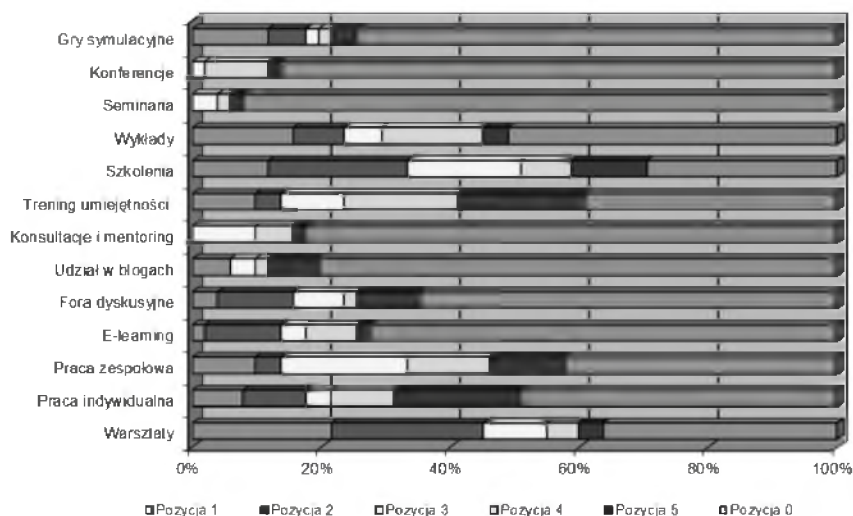
Źródło: opracowanie własne.

W pytaniu dotyczącym atrakcyjności poszczególnych form kształcenia spośród trzynastu odpowiedzi ankietowani mieli do wyboru tylko pięć. W związku z tym, na wykresach obrazujących procentowy rozkład uszeregowanych przez ankietowanych odpowiedzi widoczna jest – przynajmniej w kilku przypadkach – przeważająca większość uszeregowania danej odpowiedzi na pozycji „0”, czyli nie wybrania jej jako potencjalnie atrakcyjnej.

Z badań przeprowadzonych wśród uczniów liceum (rys. 1 i rys. 4) wynika, że najbardziej dla nich atrakcyjną formą zajęć wydają się być warsztaty. Na pierwszej pozycji, a więc za najbardziej atrakcyjną uznało tę formą zajęć 28,4% ankietowanych, kolejne 15,7% umieściło tę odpowiedź na miejscu drugim, 11,8% na miejscu trzecim, 5,9% na czwartym i 6,8% na piątym. 31,4% nie zaznaczyło tej odpowiedzi jako atrakcyjnej formy prowadzenia zajęć. Z kolei najmniej atrakcyjną formą zajęć jest ich zdaniem udział w blogach oraz seminaria. Każdą z tych odpowiedzi nie zaznaczyło jako atrakcyjnej ponad 80% ankietowanych.

Podobnie jest w grupie słuchaczy szkoły policealnej, tutaj również za najbardziej atrakcyjną formę przekazywania wiedzy uznawane są warsztaty

(rys. 2). W tym przypadku na pierwszej pozycji warsztaty zostały umieszczone przez 21,6% ankietowanych, na drugiej przez 23,6%, na trzeciej – 9,8%, na czwartej – 4,9% i na piątej przez 3,9%. Warsztatów za atrakcyjne nie uznało 36,2% badanych osób. Najmniej atrakcyjne wydają się być dla tej grupy seminaria, nie zostały bowiem uznane za atrakcyjne przez 92,2% osób.

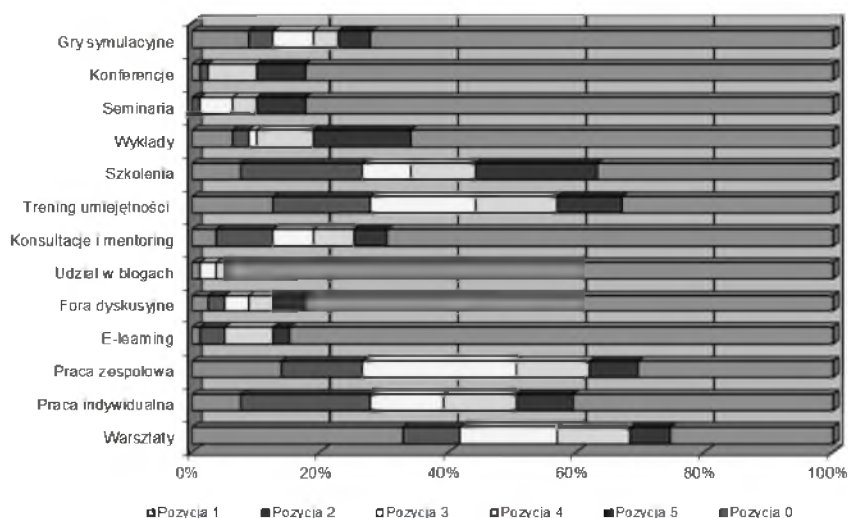


Rys. 2. Procentowy rozkład pozycji, na których umieszczone zostały poszczególne formy prowadzonych zajęć z uwagi na ich atrakcyjność.

Badanie w grupie słuchaczy szkoły policealnej.

Źródło: opracowanie własne.

Również zdaniem studentów (rys. 3) najbardziej atrakcyjną formą kształcenia są warsztaty. Za najbardziej atrakcyjne uznało je 32,9% ankietowanych, na drugiej pozycji 8,9%, na trzeciej 15,2%, na czwartej 6,4% a na piątej 6,3%. Odpowiedzi tej nie zaznaczyło 25,3% badanych studentów. Podobnie jak w przypadku licealistów najmniej atrakcyjny wydaje się być udział w blogach – 94,94% osób nie uznało tej formy za atrakcyjną.

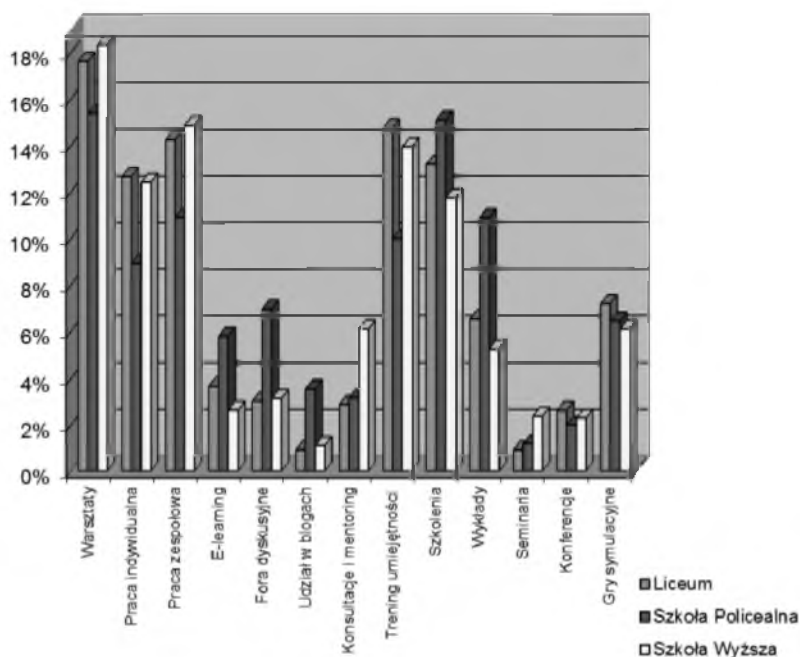


Rys. 3. Procentowy rozkład pozycji, na których umieszczone zostały poszczególne formy prowadzonych zajęć z uwagi na ich atrakcyjność.

Badanie w grupie studentów szkoły wyższej.

Źródło: opracowanie własne.

W wyniku porównania procentowego udziału poszczególnych ocen z uwzględnieniem kryterium ich ważności w ogólnej liczbie ocen udzielonych przez ankietowanych w poszczególnych grupach można stwierdzić, że dla każdej z grup najatrakcyjniejszą formą kształcenia jest udział w warsztatach (rys. 4). Różnice w poszczególnych grupach są jednak zauważalne już przy szeregowaniu kolejnych form kształcenia. Na drugiej pozycji licealiści umieścili trening umiejętności, słuchacze szkoły policealnej - szkolenia, które z kolei w opinii studentów pod względem atrakcyjności zostały umieszczone na miejscu piątym. Trening umiejętności przez grupę badanych ze szkoły policealnej umieszczony został na pozycji piątej, a przez studentów na drugiej. Spośród form kojarzonych z nauczaniem na odległość, a więc udział w forum dyskusyjnym, udział w blogach i gry symulacyjne, przez licealistów i studentów za najatrakcyjniejsze uznane zostały gry symulacyjne, a przez osoby kształcące się w szkole policealnej – udział w forum dyskusyjnym. Z kolei sam e-learning, w porównaniu z pozostałymi odpowiedziami udzielonymi przez ankietowanych, przez uczniów liceum umieszczony został na pozycji ósmej, wśród osób uczęszczających do szkoły policealnej – na pozycji dziewiątej, zaś wśród studentów na dziesiątej.

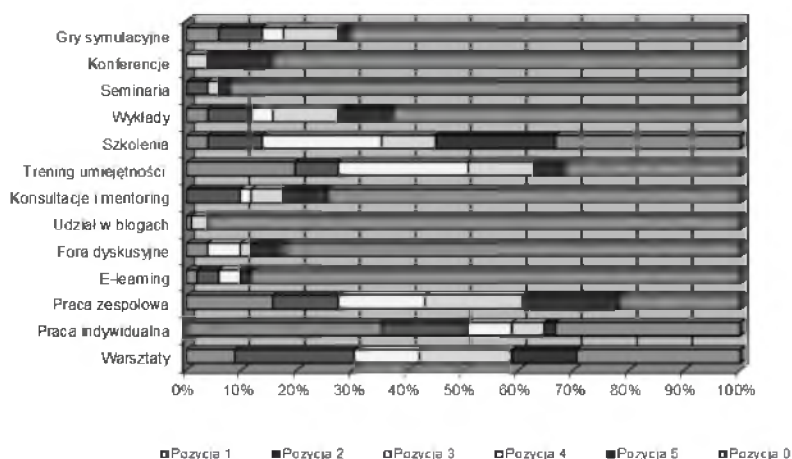


Rys. 4. Zestawienie procentowego udziału poszczególnych odpowiedzi z uwzględnieniem pozycji w uszeregowaniu, w ogólnej liczbie udzielonych odpowiedzi, z podziałem ze względu na trzy grupy ankietowanych.

Źródło: opracowanie własne.

Ankietowani zostali poproszeni również o ocenę efektywności poszczególnych form kształcenia. Jak się okazuje, największą efektywność zdaniem licealistów uzyskuje się wybierając pracę indywidualną (rys. 5, rys. 8), chociaż najwięcej osób wybierało pracę zespołową, szeregując ją jednak na dalszych pozycjach pod względem badanego kryterium. Na pierwszym miejscu indywidualną pracę umieściło aż 35,3% badanych, na drugim miejscu umieściło ją 15,7%, na trzecim 7,8%, na czwartym 5,9% i na piątym 2%. Nie uznało tej formy za efektywną 33,3% ankietowanych. Za najmniej efektywną spośród wymienionych w odpowiedziach możliwości uznano za to udział w blogach. Tej odpowiedzi nie wybrało 96,1% ankietowanych.

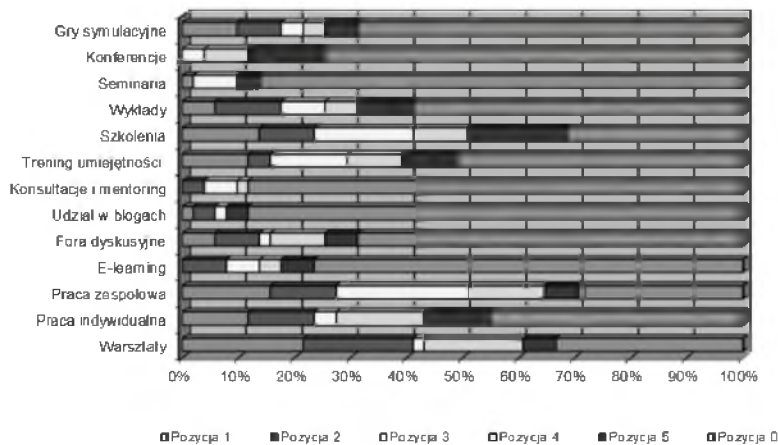
Część I. Metody, narzędzia oraz prawne uwarunkowania kształcenia na odległość



Rys. 5. Procentowy rozkład pozycji, na których umieszczone zostały poszczególne formy prowadzonych zajęć z uwagi na ich efektywność.

Badanie w grupie licealistów.

Źródło: opracowanie własne.



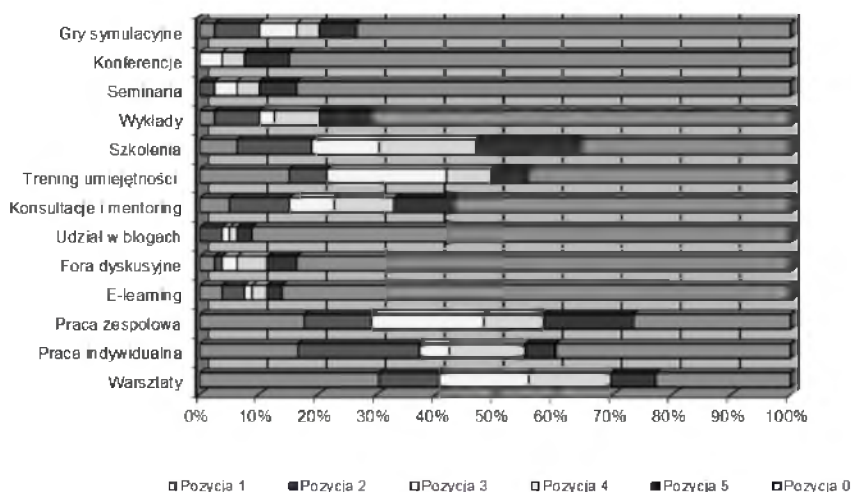
Rys. 6. Procentowy rozkład pozycji, na których umieszczone zostały poszczególne formy prowadzonych zajęć z uwagi na ich efektywność.

Badanie w grupie słuchaczy szkoły policealnej.

Źródło: opracowanie własne.

Wśród słuchaczy szkoły policealnej widoczna jest zgoła odmienna sytuacja jeżeli chodzi o najefektywniejszą formę kształcenia (rys. 6). Tutaj najlepiej ocenione zostały warsztaty. Pomimo tego, że częściej jako najefektywniejsze wybierane były: praca zespołowa i szkolenia, to jednak gdy dochodziło do szeregowania wybranych form, stawiane były na dalszych pozycjach niż warsztaty. Jako najbardziej efektywne warsztaty zostały uznane przez 21,6% badanych, na drugim miejscu stawiane są przez 19,5%, na trzecim przez 2%, na czwartym – przez 17,6%, a na piątym 5,9% ankietowanych. Do najefektywniejszych nie zakwalifikowało ich 33,3% osób uczęszczających do szkoły policealnej. Najniżej pod względem efektywności oceniony został udział w blogach, bo aż 88,2% nie uznało ich za efektywną formę kształcenia.

Podobnie jak osoby kształcące się w szkole policealnej, studenci również za najefektywniejsze uznają warsztaty. Jest to jednocześnie najczęściej wybierana odpowiedź. Na pierwszym miejscu warsztaty zostały uszeregowane przez 30,4% ankietowanych, na drugim przez 10,2%, na trzecim przez 15,2%, na czwartym 13,9%, a na piątym 7,6%. Nie wybrało tej odpowiedzi 22,8% badanych studentów. Udział w blogach został uszeregowany jako najmniej efektywny – odpowiedzi tej nie wybrało 91,1% ankietowanych.



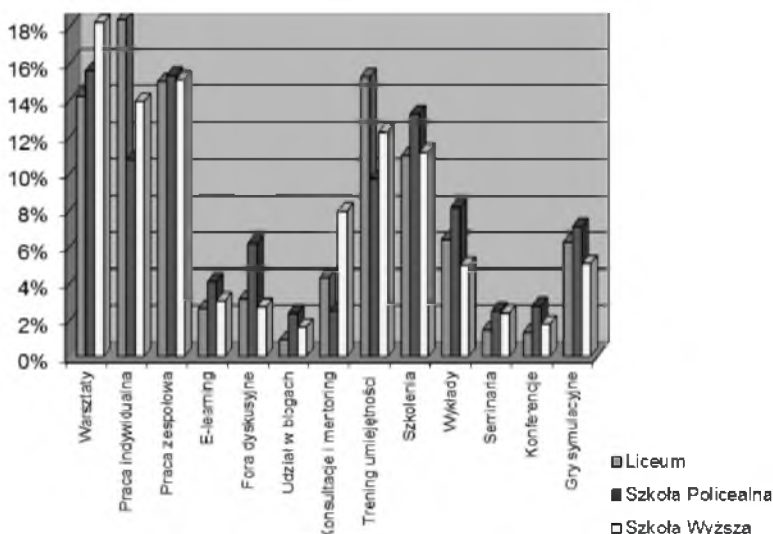
Rys. 7. Procentowy rozkład pozycji, na których umieszczone zostały poszczególne formy prowadzonych zajęć z uwagi na ich efektywność.

Badanie w grupie studentów szkoły wyższej.

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku rozpatrywanych tu ocen efektywności poszczególnych form zajęć dokonane zostało porównanie procentowego udziału poszczególnych ocen z uwzględnieniem badanego kryterium ich ważności w ogólnej liczbie ocen udzielonych przez ankietowanych (rys. 8). Z porównania tego jasno wynika, że licealiści preferują pracę indywidualną w odróżnieniu do słuchaczy szkoły policealnej i studentów, którzy za najefektywniejsze w procesie kształcenia kompetencji kluczowych uznają warsztaty, które z kolei u uczniów liceum zostały sklasyfikowane na pozycji czwartej. Podobieństwa między odpowiedziami studentów i osób uczęszczających do szkoły policealnej widoczne są również w przypadku drugiej pozycji. Obydwie grupy sklasyfikowały na tej pozycji pracę zespołową, która u licealistów znajduje się na pozycji trzeciej, zaraz po treningu umiejętności. W odpowiedziach wszystkich grup występuje zgodność co do miejsca ostatniego. W każdej z nich umieszczono tam udział w blogach, uznając go za najmniej efektywne spośród wymienionych w odpowiedziach możliwości.

W przypadku form związanych z kształceniem na odległość, w każdej z grup występuje zgodność co do pozycji gier symulacyjnych. W każdej z grup uplasowuje się na siódmej pozycji. Jest to jednocześnie najlepiej oceniana forma kształcenia spośród tych, które związane są z e-learningiem. Najniżej w tym zestawieniu uszeregowany został udział w blogach, który został oceniony za najmniej efektywny.



Rys. 8. Zestawienie procentowego udziału poszczególnych odpowiedzi z uwzględnieniem pozycji w uszeregowaniu, w ogólnej liczbie udzielonych odpowiedzi, z podziałem ze względu na trzy grupy ankietowanych.

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

Wśród uczniów liceum widoczne są diametralne różnice, gdy porównuje się klasyfikację wymienionych odpowiedzi z uwagi na ich atrakcyjność oraz z uwagi na ich efektywność. To co wydaje się być najatrakcyjniejsze, a więc warsztaty, pod względem efektywności umieszczane jest na odległej, szóstej pozycji. Za najbardziej efektywną uznawana jest przez nich praca indywidualna, podczas gdy pod względem atrakcyjności uszeregowywana była na pozycji piątej.

Nieco inna sytuacja jest w przypadku słuchaczy szkoły policealnej, gdzie za najbardziej atrakcyjne i jednocześnie efektywne uznane zostały warsztaty, a zgodność co do pozycji zajmowanej zarówno w przypadku klasyfikacji pod względem efektywności, jak i pod względem atrakcyjności dotyczy aż czterech proponowanych w pytaniu odpowiedzi. Natomiast wśród studentów zgodność ta dotyczy już dziesięciu odpowiedzi, co oznaczać może, że efektywne formy kształcenia równie dobrze mogą być dla nich atrakcyjne.

Niestety w żadnej z klasyfikacji, zarówno dotyczącej efektywności, jak i atrakcyjności e-learning nie zajmuje kluczowej pozycji i plasuje się raczej w drugiej połowie uszeregowanych odpowiedzi. Oznaczać to może, że e-learning, choć stwarzający duże możliwości w przekazywaniu informacji w sposób atrakcyjny, obrazowy i niejednokrotnie urozmaicony, to jednak przez potencjalnych odbiorców w porównaniu z innymi formami nie jest oceniany wysoko. Pomimo wielu zalet kształcenia na odległość, zwłaszcza z wykorzystaniem do tego celu technologii informatycznych, najczęściej taka forma zajęć dobrze przyjmowana jest w roli uzupełnienia tradycyjnych form kształcenia stacjonarnego, niż samodzielnej i wystarczającej formy zajęć. Znajduje to potwierdzenie w analizowanych tutaj opiniach odbiorców trzech poziomów kształcenia. Może to być związane z wciąż jeszcze niskim stopniem popularyzacji takiej metody kształcenia na różnych poziomach edukacji młodzieży.

Osobom ankietowanym, które jak same twierdzą miały możliwość uczestniczenia w tego typu kształceniu, nie zaproponowano jednak rozwiązania, które w pełni spełniłoby ich oczekiwania. Należy jednak wziąć pod uwagę, że jest to metoda, która dzięki rozwojowi możliwości technicznych może w przyszłości stanowić ważny element w procesie kształcenia na każdym jego etapie.

Ciekawym wynikiem przeprowadzonych badań jest niewątpliwie różnica w określaniu tego co jest atrakcyjną a efektywną formą kształcenia. Dla uczniów liceum to co atrakcyjne nie pokrywa się z tym co efektywne, słuchacze szkoły policealnej wykazują tutaj większą zbieżność w odpowiedziach niż licealiści. Natomiast dla studentów atrakcyjne formy kształcenia wydają się być w większości również efektywne. Oznacza to, że formy kształcenia kompetencji kluczowych powinny być dostosowane do określonego poziomu zaawansowania w nauce i, jak wynika z badań, są to inne formy dla licealistów, słuchaczy szkół policealnych i studentów.

Podsumowując można stwierdzić, że nie zawsze to co oceniane jest jako atrakcyjne wydaje się również efektywne. E-learning, choć powszechnie uznawany za efektywny i atrakcyjny sposób kształcenia, w zderzeniu z ocenami potencjalnych odbiorców nie jest obecnie oceniany wyżej niż powszechnie stosowane formy kursów, takie jak warsztaty czy szkolenia.

Literatura

1. Okoń W., *Wprowadzenie do dydaktyki ogólnej*, Warszawa 1995.
2. Kupisiewicz C., *Podstawy dydaktyki ogólnej*, Warszawa 1995.
3. Maj B., Woźniak M., *Metody nauczania e-learningu*, „Państwo i Społeczeństwo” 2008, nr 1.
4. Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady w Sprawie Kompetencji Kluczowych w Procesie Ucznia Sie przez Całe Życie, Parlament Europejski, Bruksela, 18 grudnia 2006 r., http://www1.men.gov.pl/dfs/aktualnosci/kompetencje_kluczowe.pdf
5. Centrum e-learningu AGH, *E-learning w AGH. Wprowadzenie do e-learningu*, Kraków 2008.
6. Tadeusiewicz R., Kusiak J., *E-learning szansą wzbogacenia oferty edukacyjnej Uczelni*, „Biuletyn Informacyjny Pracowników AGH”, nr 138, Luty 2005.
7. Woźniak M., Grzyb M., Rymarczyk S., *E-learning in student education*, „Szkoła biznesa” 2013, 1: 12–21.

8. Maj B., Woźniak M., *Internetowe źródła wiedzy jako alternatywa dla komercyjnych form dokształcania pracowników*, [w:] *Kształcenie kompetencji w biegu życia człowieka*, red. J. Aksman, S. Nieciński, Kraków 2013, s. 133–143.
9. Woźniak-Zapór M., *Uczelniany system kształcenia na odległość a KRK*, [w:] *Krajowe Ramy Kwalifikacji – biurokratyczna konieczność czy szansa na poprawę jakości kształcenia w uczelniach?*, red. M. Kapiszewska, Kraków 2013, s.121–127.

E-learning korporacyjny w aspekcie informatyzacji przedsiębiorstw

Marta Woźniak-Zapór, Mariusz Grzyb, Sebastian Rymarczyk

Streszczenie

W rozdziale przedstawione zostały główne problemy związane z rozwojem e-learningu korporacyjnego. Jako jedna z barier jego rozwoju wymieniana jest znaczna kosztochłonność wdrożenia systemu do obsługi tego typu szkoleń. W związku z tym należy się zastanowić, jaki jest poziom informatyzacji przedsiębiorstw. Ważne również jest to, w jaki sposób poziom informatyzacji kształtował się w ostatnich latach oraz, czy informatyzacja przedsiębiorstw i nakłady finansowe związane z przygotowaniem środowiska informatycznego na potrzeby szkoleń internetowych mogą mieć oddziaływanie na rozwój e-learningu korporacyjnego, a także jakiego rodzaju jest to wpływ. Podano także sposób obliczenia wskaźnika zwrotu inwestycji w przypadku szkoleń, umożliwiającego porównanie kosztów szkoleń e-learningowych oraz tradycyjnych.

Wstęp

Zdalne nauczanie, a takim właśnie jest e-learning powstawało z myślą o osobach, które z uwagi na pewne czynniki, takie jak praca czy uwarunkowania społeczne, nie są w stanie skorzystać z tradycyjnych form kształcenia¹. Początkowo e-learning w praktyce oznaczał dokładne odzwierciedlenie z wykorzystaniem Internetu treści tradycyjnie realizowanych szkoleń. Jest to pierwsza generacja e-learningu. Kolejna – druga generacja wprowadzała elementy interaktywne. W tym modelu, chociaż w dalszym ciągu jest to odwzorowanie tradycyjnie realizowanych treści, to jednak zastosowanie elementów multimediów i interaktywności pozwala w większym stopniu na dostosowanie realizacji szkolenia do indywidualnych potrzeb odbiorcy. Ostatnia jak dotąd – trzecia generacja zakłada zmaksymalizowane zastosowanie algorytmów informatycznych do tworzenia w pełni zindywidualizowanej ścieżki nauczania, automatycznie dopasowującej się do poziomu wie-

¹ M. Woźniak-Zapór, *Uczelniany system kształcenia na odległość a KRK*, [w:] *Krajowe Ramy Kwalifikacji – biurokratyczna konieczność czy szansa na poprawę jakości kształcenia w uczelniach?*, red. M. Kapiszewska. Kraków 2013, s. 121–127.

dzy odbiorcy szkolenia. Jest to szczególnie istotne w przypadku, gdy mamy do czynienia ze szkoleniami specjalistycznymi². Stosowanie kursów e-learningowych zgodnych z modelami należącymi do poszczególnych generacji praktykowane uzależnione bywa od potrzeb firm, które chcą takie szkolenie uruchomić.

Niezależnie jednak od tego, do jakiej generacji należy kurs, nie jest możliwa jego realizacja bez komputera posiadającego dostęp do Internetu. Jest to kluczowa kwestia z punktu widzenia prowadzenia tego typu szkoleń. W wyniku badań w obszarze kluczowych czynników rozwoju e-learningu³, wyróżnić można pięć grup takich czynników. Są to czynniki historyczne, czynniki techniczne, takie czynniki, które wynikają z formy i treści szkoleń, a także czynniki wynikające z przyjętej strategii i zarządzania oraz czynniki ekonomiczne. Wśród czynników technicznych wymieniany jest wysoki poziom integracji ICT w przedsiębiorstwach, a co się z tym wiąże także i wysoki poziom umiejętności ICT pracowników. Ponadto w tej grupie czynników rozwoju e-learningu znajduje się stosowanie rozwiązań technicznych uznanych za standardy. W związku z tym po raz kolejny zwrócona została uwaga na fakt, że do rozwoju e-learningu konieczny jest rozwój technologiczny przedsiębiorstw w zakresie informatyzacji.

E-learning korporacyjny

Tradycyjne kształcenie, choć w dalszym ciągu najbardziej popularne, niesie ze sobą pewne ograniczenia. Jednym z nich jest bez wątpienia konieczność przebywania w tym samym czasie i miejscu zarówno nauczyciela, jak i uczniów. Nie ma tu mowy o możliwości rozłożenia procesu nauczania w czasie dogodnym dla każdej ze szkolonych osób. Osoba szkolona ma mniejsze szanse na uczenie się w własnym tempie, tempo nauczania jest zwykle uzależnione od postępów grupy, nie jednostki⁴.

² *Metodyka szkoleń eLearningowych. Materiały szkoleniowe*, praca zbiorowa, red. G. Zajączkowski, Projekt Want2Learn, w ramach inicjatywy wspólnotowej EQUAL, dostępne na: http://www.equal.org.pl/download/produktAttachments/org7861metodyka_szkolen_elearningowych.pdf, [23.05.2013].

³ M. Zając, *Badania europejskie nt e-learningu – kluczowe czynniki rozwoju*, „Biuletyn programu Leonardo da Vinci” 2009, 1(4), dostępne na: http://www.cren.pl/uploaded-files/zajac_badania-europejskie.pdf, [25.05.2013].

⁴ B. Maj, M. Woźniak, *Rola e-learningu jako metody zdobywania wiedzy*, [w:] *Społeczne i ekologiczne aspekty zarządzania*, red. A. Chodźński. Kraków 2007, s.129–136.

E-learning jest więc szansą dla tych, którzy chcą lub z pewnych przyczyn powinni poszerzać swoją wiedzę, lecz nie są w stanie skorzystać z tradycyjnych form kształcenia⁵. Dotyczy to zarówno e-learningu w sensie akademickim, jak i e-learningu korporacyjnego. Z tą jednak różnicą, że w e-learningu uczelnianym student będzie mógł sprawdzić swoją wiedzę w trakcie sesji egzaminacyjnej. Z kolei w przypadku e-learningu korporacyjnego sprawdzenie wiedzy może odbywać się w terminach wyznaczonych przez pracodawcę lub zespół zajmujący się szkoleniami pracowników. Zainteresowany może również sam zaplanować sobie ukończenie poszczególnych etapów kursu. Dzieje się tak w przypadku, gdy pracownik powinien osiągnąć określone przez pracodawcę kwalifikacje, ma do dyspozycji kursy e-learningowe, w których ukończenie jednego etapu powoduje dopuszczenie do kolejnych etapów, i tym sposobem ma możliwość przejść całą ścieżkę kształcenia bez wyznaczonych ograniczeń czasowych. Jedyne ograniczenia w przejściu do kolejnych – bardziej zaawansowanych treści kursu związane jest z przyswojeniem sobie zasobu wiedzy wyznaczonego na danym etapie szkolenia. Powoduje to sytuację, w której pracownik w wybranym przez siebie czasie ma możliwość przejścia kolejnych etapów kursów.

E-learning w przedsiębiorstwach może mieć także inną, równie ważną zaletę. Pozwala pracodawcom na przeszkolenie pracowników, bez konieczności zmuszania ich do pozostawienia bieżących spraw i uczestniczenia w szkoleniu odbywającym się w jednej sali. Ponadto to samo szkolenie może być realizowane niezależnie od tego, czy jest to małe, średnie czy duże przedsiębiorstwo, prowadzące swoją działalność w skali międzynarodowej. Informacja o nowej technologii, czy też produkcie może dotrzeć w tym samym czasie do wszystkich oddziałów firmy – w każdym kraju, bez opóźnień wynikających z organizowania szkoleń w każdym miejscu działalności firmy. Pozwala to dodatkowo na obniżenie kosztów; szkolenia e-learningowe niejednokrotnie bywają tańsze od szkoleń tradycyjnych, zwłaszcza gdy to samo szkolenie trzeba powtarzać kilka razy.

E-learning to „model nauczania wykorzystujący technologię do tworzenia, dystrybucji i dostarczania danych, informacji, szkoleń oraz wiedzy w celu podniesienia efektywności pracy oraz działań organizacji”⁶. W związ-

⁵ B. Maj, M. Woźniak, *Internetowe źródła wiedzy jako alternatywa dla komercyjnych form do kształcenia pracowników*, [w:] *Kształcenie kompetencji w biegu życia człowieka*, red. J. Ak-sman, S. Nieciński. Kraków 2013, s. 133–143.

⁶ *Postaw na rozwój! kampania informacyjno-promocyjna oraz doradztwo dla osób dorosłych w zakresie kształcenia ustawicznego-edycja 2*. Publikacja bezpłatna współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, <http://www.>

ku z tym pozostaje pytanie, dlaczego w pełniejszy sposób nie wykorzystać możliwości jakie on daje? Jest to problem złożony. Ma to związek z wieloma czynnikami, począwszy od stopnia skomputeryzowania przedsiębiorstwa i nastawienia na nowoczesny styl pracy i szkoleń, uświadomienia sobie potrzeby inwestowania w rozwój pracowników, aż po problemy związane z przygotowaniem kursu, który będzie spełniał cele szkoleniowe i zamierzenia pracodawców co do uzyskiwanych efektów.

E-learning a informatyzacja przedsiębiorstw

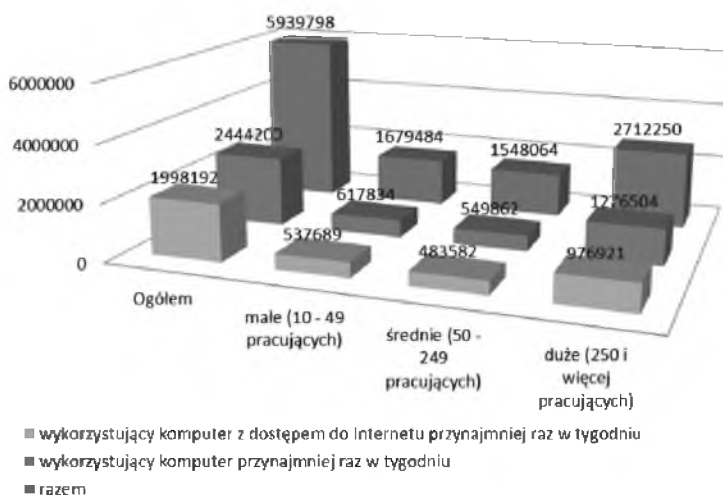
Kolejna z definicji e-learningu mówi, że „e-learning jest złożoną formą kształcenia, na którą składają się działania dydaktyczne prowadzone z użyciem nowoczesnych technologii i urządzeń teleinformatycznych”⁷. W związku z tym do rozwoju e-learningu konieczny jest ciągły wzrost informatyzacji przedsiębiorstw. Na przestrzeni ostatnich kilku lat taki wzrost można zaobserwować.

W celu przeanalizowania zmian w zakresie korzystania z komputerów w przedsiębiorstwach przeprowadzona została analiza danych dotyczących używania komputerów przez pracowników. Dane mówiące o liczbie pracowników wykorzystujących komputer dotyczą lat 2009–2012.

Z danych zaprezentowanych na rysunku 9 wynika, że niezależnie od wielkości przedsiębiorstwa liczba pracowników wykorzystujących komputer z dostępem do Internetu przynajmniej raz w tygodniu jest mniejsza od liczby osób korzystających z komputera ogółem. Różnica ta jest uzasadniona chociażby ze względu na konieczność użytkowania w firmie systemów (np. księgowych), gdzie nie ma potrzeby komunikowania się z otoczeniem, ale pracownicy korzystają z komputerów. Podobna proporcja utrzymuje się również w kolejnych latach.

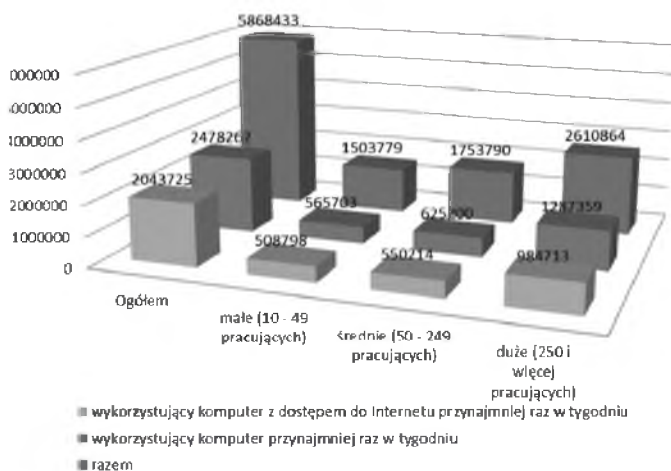
postawnarozwoj.uni.lodz.pl/admin/zdjecia/file/ebooks/przewodnik%20po%20e-learningu.pdf, [20.04.2013].

⁷ Z. Zieliński, *E-learning w edukacji. Jak stworzyć multimedialną i w pełni interaktywną treść dydaktyczną*, Helion 2012.



Rys. 9. Liczba pracowników ogółem, małych, średnich i dużych przedsiębiorstw z wyszczególnieniem liczby pracowników wykorzystujących komputer, dane na dzień 31 stycznia 2009.

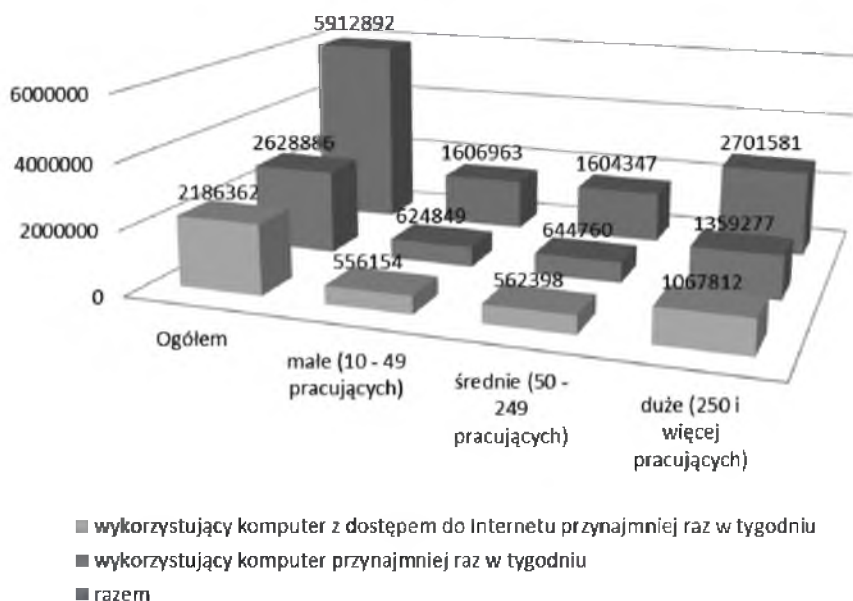
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Głównego Urzędu Statystycznego: *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2009 r.*, dostępne na: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm?action=show_archive.



Rys. 10. Liczba pracowników ogółem, małych, średnich i dużych przedsiębiorstw z wyszczególnieniem liczby pracowników wykorzystujących komputer, dane na dzień 31 stycznia 2009 r.

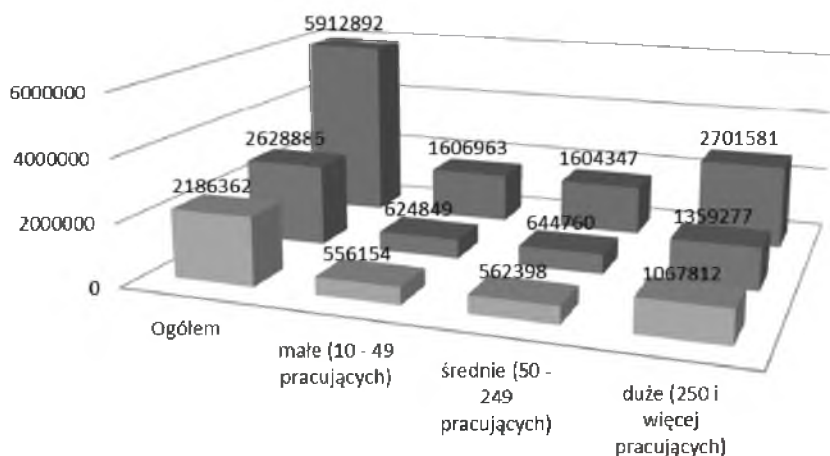
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Głównego Urzędu Statystycznego: *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2010 r.*, dostępne na: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm?action=show_archive.

Kolejne rysunki – rys. 10, rys. 11 i rys. 12 – obrazujące liczbę pracowników korzystających z komputera lub komputera z Internetem pokazują, że niezależnie od stanu zatrudnienia w kolejnych latach, około połowa osób zatrudnionych w przedsiębiorstwach korzysta z komputera, a nieznacznie mniejsza liczba korzysta z komputera z dostępem do Internetu.



Rys. 11. Liczba pracowników ogółem, małych, średnich i dużych przedsiębiorstw z wyszczególnieniem liczby pracowników wykorzystujących komputer, dane na dzień 31 stycznia 2009 r.

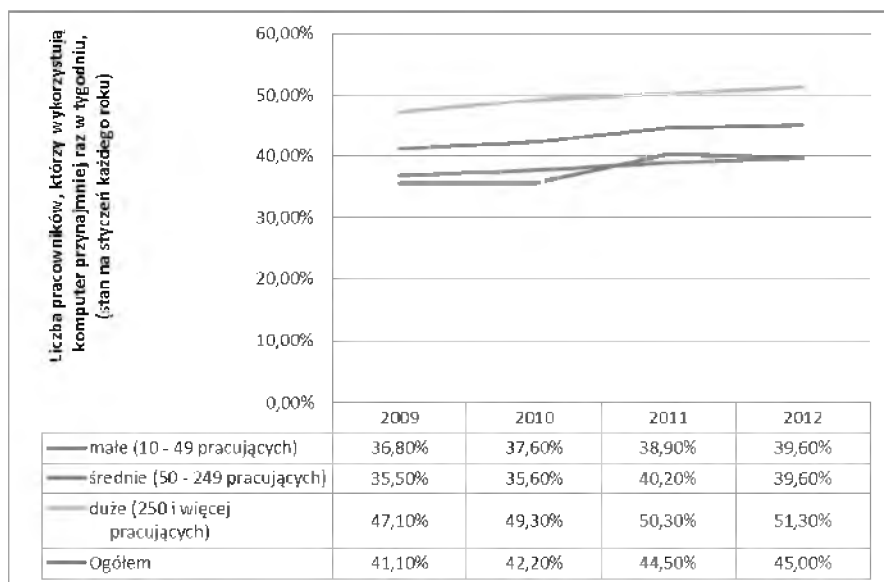
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Głównego Urzędu Statystycznego: *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2011 r.*, dostępne na: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm?action=show_archive.



Rys. 12. Liczba pracowników ogółem, małych, średnich i dużych przedsiębiorstw z wyszczególnieniem liczby pracowników wykorzystujących komputer, dane na dzień 31 stycznia 2009 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Głównego Urzędu Statystycznego: *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2012 r.*, dostępne na: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm?action=show_archive.

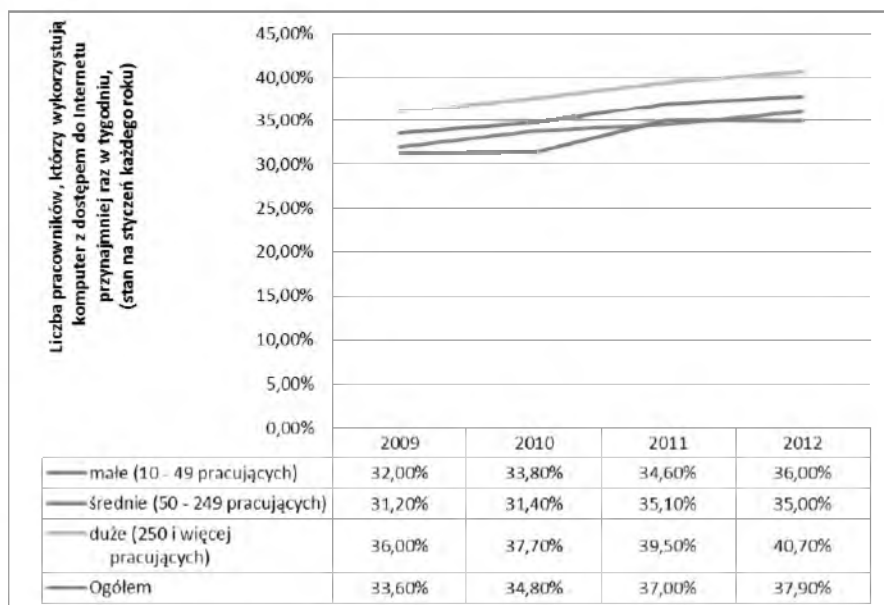
Zobrazowane powyżej dane nie odzwierciedlają jednak w pełni trendu w stosowaniu komputerów i komputerów z Internetem przez pracowników przedsiębiorstw. W związku z tym zebrane dane zostały pokazane w ujęciu procentowym w odniesieniu do liczby pracowników zatrudnionych w analizowanych latach. Zmiany zachodzące w stopniu wykorzystywania komputerów wśród pracowników widoczne są odpowiednio na rys. 12 i rys. 13.



Rys. 13. Liczba pracowników ogółem, małych, średnich i dużych przedsiębiorstw z wyszczególnieniem liczby pracowników wykorzystujących komputer przynajmniej raz w tygodniu.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Głównego Urzędu Statystycznego: *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2009 r.*; *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2010 r.*; *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2011 r.*; *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2012 r.*, dostępne na: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm?action=show_archive.

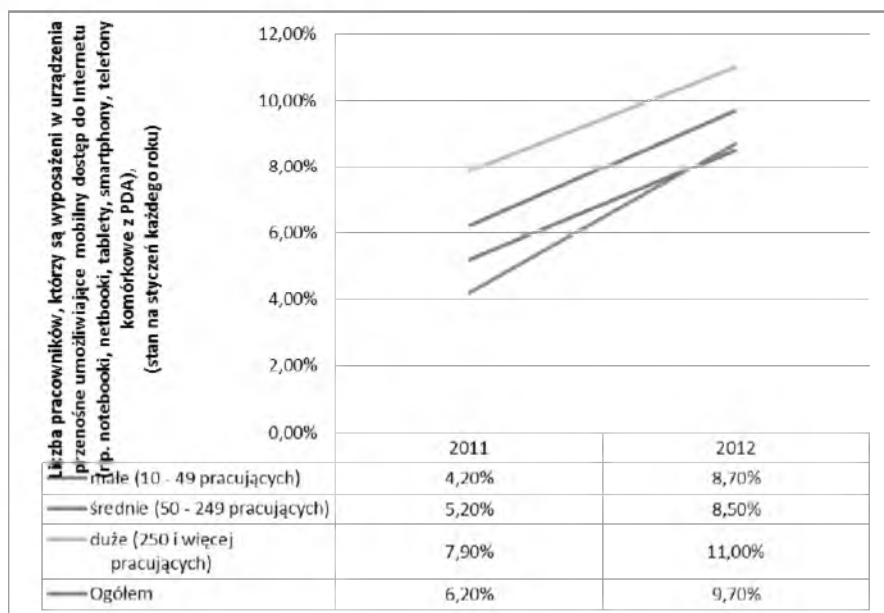
Zgodnie z danymi pokazanymi na rys. 12 i rys. 13 w latach 2009–2011 obserwować można ciągle wzrost odsetka pracowników wykorzystujących w pracy komputer lub komputer z dostępem do Internetu. Szczególnie szybki wzrost widoczny jest dla średnich przedsiębiorstw w 2010/2011 roku. Pomimo tego, w 2012 roku odnotowano spadek odsetka osób korzystających z komputera i komputera z Internetem w obszarze średnich przedsiębiorstw. Jednocześnie w tym samym roku odnotowany został wzrost odsetka osób korzystających z komputera i komputera z dostępem do Internetu w obszarze małych i dużych przedsiębiorstw.



Rys. 14. Liczba pracowników ogółem, małych, średnich i dużych przedsiębiorstw z wyszczególnieniem liczby pracowników wykorzystujących komputer przynajmniej raz w tygodniu.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Głównego Urzędu Statystycznego: *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2009 r.*; *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2010 r.*; *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2011 r.*; *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2012 r.*, dostępne na: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm?action=show_archive.

W dobie technologii mobilnych ważna staje się również informacja, jaki procent pracowników przedsiębiorstw wyposażonych jest w przenośne urządzenia umożliwiające dostęp do Internetu, co najmniej w technologii 3G. Zaletą szkoleń e-learningowych jest dostępność niezależnie od czasu i miejsca. Z uwagi na to aspekt posiadania urządzeń mobilnych z dostępem do Internetu staje się istotny. Jak zostało to zobrazowane na rysunku 14, na przestrzeni dwóch ostatnich lat duży wzrost w tym zakresie odnotować można w przypadku małych przedsiębiorstw, bo dwukrotnie. O ponad połowę wzrósł procent pracowników posiadających urządzenia mobilne w średnich przedsiębiorstwach, a o ponad jedną trzecią w dużych przedsiębiorstwach.



Rys. 15. Liczba pracowników ogółem, małych, średnich i dużych przedsiębiorstw z wyszczególnieniem liczby pracowników, którzy są wyposażeni w przenośne urządzenia umożliwiające dostęp do Internetu (co najmniej w technologii 3G).

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Głównego Urzędu Statystycznego: *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2009 r.*; *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2010 r.*; *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2011 r.*, „Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2012 r”, dostępne na: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm?action=show_archive.

W związku z powyższymi informacjami pod względem wykorzystania komputerów i dostępu do Internetu, warunki dla rozwoju e-learningu w przedsiębiorstwach są sprzyjające. Należy się zastanowić, jak dostęp do komputerów i urządzeń mobilnych z dostępem do Internetu przekłada się na wykorzystanie ich w szkoleniach dla pracowników. Zgodnie z danymi GUS⁸ z 2012 r., 75,5% małych, 89,1% średnich i 95,8% dużych przedsiębiorstw umożliwia pracownikom zdalny dostęp przez Internet do poczty elektronicznej, dokumentów lub aplikacji. W związku z tym, również możliwe jest udostępnienie pracownikom kursów e-learningowych.

⁸ Główny Urząd Statystyczny, *Wykorzystanie technologii informacyjno-(tele)komunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2012 r.*, http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm, [20.04.2013].

Dodatkowo 8,9% małych, 32,5% średnich i 73% dużych przedsiębiorstw zatrudnia specjalistów ICT/IT. Co oznacza, że zwłaszcza w dużych i średnich przedsiębiorstwach zatrudnieni są pracownicy, którzy mogliby obsługiwać od strony technicznej szkolenia e-learningowe.

E-learning w przedsiębiorstwie

Warunki techniczne do rozwoju e-learningu w przedsiębiorstwach są dobre, a ciągle wzrost poziomu wykorzystania Internetu w przedsiębiorstwach umożliwia w dalszej kolejności wprowadzenie szkoleń w formie e-learningu. W związku z tym należy się zastanowić, czy wprowadzenie szkoleń e-learningowych ma same zalety? Z pewnością ma ich wiele. Jedną z nich jest bezsprzecznie możliwość przeszkolenia znacznej liczby pracowników bez konieczności zbierania grupy w jednym miejscu i tym samym opuszczania stanowisk pracy na dłuższy czas. Pozwala to na oszczędność nie tylko kosztów związanych z przestojem, ale także z samą organizacją takiego szkolenia, czyli wynajęciem sali na czas szkolenia, osoby szkolącej, niekiedy cateringu. Z uwagi na fakt, że e-learning korporacyjny to „system różnych form e-nauczania mających na celu uzyskanie przez uczestnika szkolenia określonych kwalifikacji. W szczególności wyuczenie danego sposobu postępowania lub typu zachowań, wyćwiczenie pewnej czynności, wyjaśnienie zasad przebiegu danego procesu itp.”⁹, a także biorąc pod uwagę, że szkolenie e-learningowe może być udostępniane każdemu pracownikowi, jest to niezwykle korzystne zwłaszcza, gdy w firmie występuje duża rotacja pracowników, a szkolenia musi przejść każdy z nich. Niesie to korzyści dla samego przedsiębiorstwa, bo dobrze przygotowany kurs jako „podporządkowany określonemu celowi szkoleniowemu elektroniczny zasób treści, przeznaczony do samodzielnego wykorzystania i wyposażony w elementy nawigacyjne”¹⁰ doskonale spełnia taką funkcję. Korzyści z takiej formy szkolenia może wynieść również pracownik. Mając dostęp do szkolenia cały czas może powracać do treści szkoleniowych tyle razy, ile potrzebuje. Szkolenia mogą być interaktywne, wielowątkowe, co z odpowiednim opracowaniem graficznym i multimedialnym daje z pewnością atrakcyjną dla użytkownika formę przyswajania wiedzy. Skoro e-learning jest elastyczną i atrakcyjną formą nauczania, co stanowi barierę w jego rozwoju w przedsiębiorstwach? Zgodnie z ra-

⁹ J.M. Mischke, *Kompendium e-edukacji*, dostępne na: <http://www.czn.uj.edu.pl/kompendium/?q=node/98>, [27.05.2013].

¹⁰ M. Hyla, *Przewodnik po e-learningu*, Kraków 2009.

portem¹¹ do największych barier rozwoju e-learningu w przedsiębiorstwach należy brak świadomości osób decyzyjnych – zarządów, dotycząca potrzeby inwestowania i rozwoju w zakresie szkoleń pracowników. Kolejną barierą jest przyzwyczajanie się do starych utartych wzorów szkoleniowych – gdzie w szali szkoleniowej znajduje się trener i szkoleni pracownicy, a także sposobie traktowania pracowników, polegającym na braku zaufania, ciągłemu sprawdzaniu i kontrolowaniu. Barierą jest też opinia o wysokich kosztach wdrożenia e-learningu, niechęć do inwestowania w rozwój pracowników, brak odpowiednich zasobów do wdrożenia e-learningu i w końcu niski poziom umiejętności komputerowych pracowników.

Niemniej jednak, w przypadku samych kosztów e-learningu i kosztów szkolenia tradycyjnego zawsze można przeprowadzić analizę i wybrać taką formę kursu, która będzie korzystniejsza dla firmy¹². W celu oceny kosztów szkolenia trzeba zdefiniować trzy grupy kosztów: są to koszty stałe, koszty zmienne oraz koszty całkowite. Niezależnie od szkolenia występują koszty bezpośrednie, pośrednie oraz alternatywne. Koszty bezpośrednie w przypadku szkoleń tradycyjnych związane są głównie z kosztami wynagrodzeń trenerów, wynajmu sal, kosztów delegacji, przygotowania i dystrybucji materiałów dydaktycznych. Dla kursu e-learningowego koszty bezpośrednie wiążą się z utrzymaniem infrastruktury, wydatkami związanymi z zakupem oprogramowania, wynagrodzeniem za przygotowanie materiałów dydaktycznych, czy też moderowanie szkolenia¹³. Koszty pośrednie to w przypadku obydwu form szkoleń świadczenia kompensacyjne dla uczestników szkoleń, a także koszty ogólne związane z zarządzaniem przedsięwzięciem szkoleniowym. W przypadku kosztów alternatywnych bierze się pod uwagę potencjalnie utracone korzyści z pracy osób uczestniczących w szkoleniu tradycyjnym¹⁴. Do wyliczenia kosztów dla szkoleń tradycyjnych i e-learningowych, można przyjąć podobną metodologię, co ułatwi analizę i pozwoli na łatwiejszą ocenę. W tabeli 1 przedstawione zostały informacje dotyczące tego, jakiego rodzaju koszty powinny zostać uwzględnione przy tego typu analizie. W tabeli 1 krzyżykami zostały zaznaczone koszty, które są dla danego rodzaju szkolenia kosztami nieznacznymi. Sam koszt szkolenia,

¹¹ *Learning problems – e-solutions 2012*. Pierwsze w Polsce badanie jakościowe, opisujące wykorzystanie e-learningu w korporacjach działających na polskim rynku, <http://xylearning-perspectives.pl>, [19.04.2013].

¹² M. Woźniak-Zapór, *E-learning in business*, „Szkoła biznesa” 2013, 3–4: 100–108.

¹³ M. Dąbrowski, *Analiza pomiaru efektywności kosztowej procesów e-learningowych*, „E-mentor” 2008, nr 5(27), dostępny na <http://www.e-mentor.edu.pl/artykul/index/numer/27/id/591>, [20.05.2013].

¹⁴ *Ibidem*.

uwzględniając dane z uzupełnionej poszczególnymi kosztami tabeli oblicza się w bardzo prosty sposób. Na całkowity koszt szkolenia składać się będzie suma wszystkich kosztów stałych szkolenia, powiększona o sumę kosztów zmiennych pomnożonych przez liczbę uczestników szkolenia¹⁵. W ten sposób wylicza się koszty zarówno dla szkoleń tradycyjnych, jak i e-learningowych.

Tabela 1. Propozycja arkusza, który mogą pomóc dokonać wyboru pomiędzy tradycyjnym nauki i e-learningu pod względem kosztów szkolenia

	Szkolenie tradycyjne		E_learning	
	Stały koszt	Koszty zmienne	Stały koszt	Koszty zmienne
Koszty bezpośrednie				
Wynagrodzenie trenera			x	x
Zewnętrzni dostawcy				
Opracowanie materiałów merytorycznych				x
Produkcja materiałów			x	x
Dystrybucja materiałów			x	x
Sprzęt komputerowy	x	x		
Oprogramowanie	x	x		
Koszty podróży			x	x
Wsparcie administracyjne				
Koszty pośrednie				
Świadczenie kompensacyjne dla uczących się			x	x
Ogólne koszty				
Koszt alternatywny			x	x

Źródło: L. Bassi, *How Much Does eLearning Cost?*, „Learning in the New Economy Magazine”, jesień 2000, <http://linezine.com/2.1/features/lbhmc.htm>.

¹⁵ L. Bassi, *How Much Does eLearning Cost?*, „Learning in the New Economy Magazine”, jesień 2000, <http://linezine.com/2.1/features/lbhmc.htm>, [20.05.2013].

Zgodnie z przytoczonym sposobem obliczania kosztów całkowitych kursów widać, że ich wysokość uzależniona jest od liczby osób szkolonych. Im większa liczba uczestników szkolenia, tym koszty, jakie musi ponieść firma na szkolenie wzrastają. Należy jednak zwrócić uwagę na rodzaj poszczególnych kosztów, a także wielkość udziału poszczególnych kosztów w koszcie całkowitym. Jak pokazuje tabela 1, w przypadku szkoleń e-learningowych marginalne znaczenie mają koszty związane z wynagrodzeniem trenera, produkcją materiałów dydaktycznych, dystrybucją materiałów, a także kosztami podróży, czy świadczeń kompensacyjnych dla uczących się. Duże znaczenie w podnoszeniu kosztów mają wydatki związane z zakupem sprzętu komputerowego i oprogramowania – a więc z informatyzacją przedsiębiorstw, jest to jednak wydatek, który może być jednorazowy, związany z utworzeniem odpowiedniej infrastruktury informatycznej do prowadzenia szkoleń e-learningowych. Ponadto biorąc pod uwagę przytoczone wyżej dane dotyczące informatyzacji przedsiębiorstw, okazuje się, że w gruncie rzeczy nie powinno to stanowić dużej bariery w stosowaniu e-learningu w przedsiębiorstwach. Jeżeli jednak weźmiemy pod uwagę udział kosztów stałych i zmiennych dla poszczególnych szkoleń – tradycyjnego i e-learningowego, można zauważyć, że udział wydatkowanych na poszczególne pozycje kosztorysu zarówno stałych, jak i zmiennych kosztów w kosztach całkowitych szkolenia jest dla szkoleń tradycyjnych większy niż dla szkoleń e-learningowych. Biorąc dodatkowo pod uwagę sposób wyliczenia kosztów całkowitych, w przypadku szkoleń e-learningowych dla zwiększającej się liczby uczestników kursu, obserwujemy znacznie szybsze zmniejszenie kosztów szkolenia w przeliczeniu na uczestnika kursu. Mamy zatem do czynienia z wyraźniej niż w przypadku szkoleń tradycyjnych zaznaczającym się efektem skali, a to – od strony finansowej – powinno przemawiać za stosowaniem szkoleń e-learningowych w przedsiębiorstwach.

Efektywność szkolenia e-learningowego badana jest za pomocą wskaźnika ROI (*Return of Investment*), który pozwala na określenie, w jaki sposób inwestycja w e-szkolenia wpływa na wyniki finansowe firmy. Istnieje kilka sposobów na wyliczenie wskaźnika rentowności szkoleń e-learningowych. Jeden z nich pozwala na obliczenie ROI przez zestawienie korzyści i nakładów¹⁶:

$$ROI = \frac{\text{korzyści}}{\text{nakłady}} \times 100\% \quad (1)$$

¹⁶ M. Hyla, *Przewodnik...*, s. 267.

Z kolei w przypadku, gdy dane potrzebne do dokonania obliczeń na podstawie powyższego wzoru nie są dostępne lub trudne do wyliczenia, wskaźnik ten można obliczyć w następujący sposób¹⁷:

$$ROI = \frac{\text{koszt całkowity szkolenia tradycyjnego} - \text{koszt całkowity szkolenia internetowego}}{\text{koszt wytworzenia kursu tradycyjnego} - \text{koszt wytworzenia kursu internetowego}} \quad (2)$$

Przedsiębiorcy, którzy nie mają doświadczenia w planowaniu kosztów szkolenia nie wiedzą, na jakie koszty zwrócić szczególną uwagę. Stąd też może wynikać obawa przed dużymi nakładami finansowymi chociażby na stworzenie infrastruktury informatycznej lub adaptacji już istniejącej na potrzeby szkoleń internetowych i tym samym lęk przed kosztami związanymi ze szkoleniami e-learningowymi. Z kolei koszty szkoleń tradycyjnych kojarzą się najczęściej z wynagrodzeniem trenerów i wynajęciem sali, a więc czymś przewidywalnym dla przedsiębiorcy. Dlatego warto, zwłaszcza na początku planowania jakiegokolwiek szkolenia, porównać koszty związane ze szkoleniem pracowników zarówno w sposób tradycyjny, jak i e-learningowy. Służą do tego różnego typu kalkulatory, które oprócz wyliczenia poszczególnych kosztów pozwalają na zaplanowanie kosztów, które zwłaszcza mniej doświadczony w zakresie szkolenia pracowników przedsiębiorca mógłby pominąć. Przykłady tego typu kalkulatorów zamieszczone zostały na rysunkach 16¹⁸ i 17¹⁹.

¹⁷ M. Dąbrowski, *Analiza pomiaru efektywności...*

¹⁸ <http://www.prestines.com/calculators/roi-e-learning/index.php>, [2.07.2013].

¹⁹ http://www.caelearning.com/elearning_roi_calculator.aspx, [2.07.2013].

ROI calculator for e-learning

By comparing the implementation cost of an on-site training project with the e-learning costs, the form allows calculating the ballpark ROI for e-learning.

Type of on-site training cost for the organisation	PLN net cost
Cost of training room (for the entire duration of the training)	<input type="text"/>
Transportation cost for the coach and/or trainees to the training site(total)	<input type="text"/>
Accommodation cost (total)	<input type="text"/>
Food and beverages cost during the training (total)	<input type="text"/>
Delegation costs (total)	<input type="text"/>
Cost of supplementary training materials along with the cost of their preparation	<input type="text"/>
Costs of drawing up training report	<input type="text"/>
Costs of training-related absenteeism	<input type="text"/>
Opportunity costs attributable to the absence of employees participating in the training	<input type="text"/>
Other costs of organising on-site training	<input type="text"/>

Type of e-learning cost for the organisation	PLN net cost
Cost of preparing material for e-learning-based training	<input type="text"/>
Costs of methodical and technical preparation for the e-learning based training	<input type="text"/>
Cost of e-learning platform	<input type="text"/>
Administration and technical support costs of e-learning	<input type="text"/>
Mentoring costs	<input type="text"/>
Cost of supplementary training materials to e-learning course along with the cost of their preparation	<input type="text"/>
Costs of drawing up the e-learning report	<input type="text"/>
Costs of training-related absenteeism	<input type="text"/>
Opportunity costs attributable to the absence of employees participating in the training	<input type="text"/>
Other costs of e-learning based training	<input type="text"/>

Rys. 16. Kalkulator ROI dostępny online.

Źródło: <http://www.prestines.com/calculators/roi-e-learning/index.php>, [15.05.2014].

How can your organization benefit from e-Learning?

Take a minute to plug in the numbers that represent your organization below, and see the effect moving to E-Learning can have on your bottom line. Try different scenarios to see what is the best fit for you and your company*.

Example below shows typical setup of eLearning and Instructor Led training (ILT). We encourage you to use your own numbers to more accurately reflect your situation*. You can also use this table to figure out your break-even point between e-Learning and ILT*.

General settings:		Number of Training Cycles (2):	
		Trainee's Average Hourly Wage (2):	
		4	
		50	
eLearning		Instructor Led Training	
Number of trainees (2):	100	Number of trainees (2):	100
Number of days training:	n/a	Number of days training (2):	5
Average CBT Cost (2):	550	Average CBT Cost:	n/a
Classroom cost per day:	n/a	Classroom cost per day (2):	200
Travel cost per trainee:	n/a	Travel cost per trainee (2):	1000
Material cost per trainee (2):	0	Material cost per trainee (2):	40
Instructor Salary (2):	0	Instructor Salary (2):	5000
Instructor Travel (2):	0	Instructor Travel (2):	1000
Other (2):	0	Other (2):	0
Totals			
Classroom Space:	\$0	Classroom Space:	\$1,000
Materials:	\$0	Materials:	\$4,000
Trainee's Travel:	\$0	Trainee's Travel:	\$100,000
Trainee's Wages:	\$5,000	Trainee's Wages:	\$5,000
CBT Cost:	\$55,000	CBT Cost:	\$0
Total Cost per cycle:	\$60,000	Total Cost per cycle:	\$116,000
× 4 cycle(s)		× 4 cycle(s)	
Grand Total Cost:	\$240,000	Grand Total Cost:	\$464,000
You save 48% using eLearning			

* This calculator is for illustration purposes only.

Rys. 17. Kalkulator ROI dostępny online.

Źródło: http://www.caelearning.com/elearning_roi_calculator.aspx, [15.05.2014].

W tym samym raporcie²⁰, w którym wykazano powyższe bariery rozwoju e-learningu w przedsiębiorstwach wskazane zostały również szanse jego rozwoju. I tak szansą zdaje się być uświadomienie osobom decyzyjnym w firmie potrzeby szkoleniowej pracowników, inwestowania w ich rozwój. Nie zawsze uzasadnione jest wdrażanie własnego systemu do obsługi szkoleń, czasem bardziej korzystne jest wynajęcie firmy szkoleniowej i wykupienie dostępu do platformy dla pracowników. Podejście takie może być stosowane zwłaszcza w przypadku, gdy mamy do czynienia z przedsiębiorstwem o niskim stopniu informatyzacji, w mniejszych przedsiębiorstwach, gdzie dodatkowo nie wymagane są częste szkolenia pracowników. Koszty przygotowania szkolenia e-learningowego w takim przypadku wymagałyby po-

²⁰ *Learning problems – e-solutions 2012...*

niesienia ogromnych nakładów, a okres zwrotu poniesionej inwestycji byłby długi. Natomiast w przypadku, gdy mamy do czynienia z przedsiębiorstwem o wysokim stopniu informatyzacji, dodatkowo jest to duże przedsiębiorstwo lub firma rozwijająca się, w której obserwuje się silną potrzebę szkolenia pracowników – lepszym rozwiązaniem okazuje się być inwestycja w posiadanie własnego środowiska do obsługi tego typu szkoleń. Warto w takiej sytuacji położyć nacisk na komplementarność już istniejących systemów w korporacji i systemu e-learningowego²¹. Posiadanie jednego spójnego systemu nie tylko ułatwia zarządzanie procesami biznesowymi w przedsiębiorstwie, ale także pozwala na zintegrowanie ich z procesami szkoleniowymi. Wytworzone w ten sposób połączenie procesów pozwala na lepsze kierowanie przedsiębiorstwem. Pewne czynności realizowane mogą być automatycznie. Przykładem może być włączenie lub wyłączenie dostępu do danego systemu pracownikowi zależne od terminu ważności certyfikatu wystawionego po szkoleniu, czy też włączenie dodatkowych opcji obsługi oprogramowania którego używa po uzyskaniu wyższego stopnia zaawansowania odnotowywanego po ukończonym szkoleniu e-learningowym.

Oprócz funkcji pozwalającej na sprawdzanie poziomu kompetencji, certyfikację i recertyfikację pracowników, zintegrowany z portalem korporacyjnym system e-learningowy umożliwia zdalną komunikację w firmie. Nie jest to komunikacja jedynie między pracownikami, czy też trenerem a osobami szkolonymi. Wykorzystując możliwości jakie daje wideokonferencja pozwala na łatwą i szybką komunikację z klientami – również potencjalnymi, ponieważ umożliwia szybkie komunikowanie się z klientem i rozwiązywanie zaistniałych u niego problemów, a w przypadku nowych klientów pozwala na prezentowanie usług. Najważniejsze jest jednak to, że takie połączenie systemu szkoleniowego i korporacyjnego daje możliwość łatwego tworzenia, udostępniania i zarządzania procesem szkoleniowym pracowników. Oznacza to również, że w każdej chwili szkolenie może być szybko utworzone i udostępnione, jeżeli tylko pojawi się w przedsiębiorstwie zapotrzebowanie na szkolenie o określonym celu.

Podsumowanie

W ostatnich latach zauważalny jest wzrost informatyzacji przedsiębiorstw. Wzrasta nie tylko poziom komputeryzacji, ale także poziom dostępu do Internetu i stosowanie zintegrowanych systemów zarządzania przedsiębior-

²¹ M. Hyla, *Przewodnik...*, s. 43.

stwem. Wzrost ten widoczny jest zwłaszcza w przypadku dużych firm, które korzystają z dostępnych systemów w celu usprawnienia procesów biznesowych. To z kolei umożliwia ich dalszy rozwój. Na ożywienie firm wpływają także inwestycje poniesione w związku ze szkoleniami pracowników.

E-learning ma wiele zalet, ma również wady. Związane są z tym bariery rozwoju e-learningu w korporacjach. Jako bariera często wymieniany jest znaczny koszt związany z zakupem lub przystosowaniem infrastruktury informatycznej na potrzeby e-learningu. Jednak jak się okazuje, szkolenia e-learningowe nie są droższe od szkoleń tradycyjnych. Biorąc pod uwagę omawiany współczynnik zwrotu inwestycji, wyliczany dla szkolenia tradycyjnego oraz internetowego można stwierdzić, że szkolenia internetowe zwłaszcza w przypadku, gdy konieczne jest przeszkolenie znacznej liczby pracowników jest mniej kosztowne w przeliczeniu na jednostkowy koszt szkolenia, niż szkolenie tradycyjne. Integracja systemu e-learningowego w ramach portalu korporacyjnego może przynieść firmie znacznie więcej korzyści (i nie ograniczają się one jedynie do tradycyjnych funkcji szkolenia), pozwala dodatkowo na stworzenie centrum komunikacyjnego – między pracownikami, a także między przedsiębiorstwem i klientami. Ponadto może pełnić funkcje ośrodka certyfikacyjno-testującego, w którym sprawdzane są umiejętności i wiedza pracowników zdobywana w szkoleniach, a także certyfikowanie pracowników i odnawianie certyfikatów pozwalających na dostęp do określonych zasobów.

Największe bariery w rozwoju e-learningu w korporacjach, to nie bariery technologiczne, ale przede wszystkim mentalne. Inwestycja w rozwój kardy jest ważnym elementem mogącym przynieść wymierne rezultaty dla dalszego rozwoju przedsiębiorstw. Uświadomienie, zarówno zarządom, działom HR i pracownikom potrzeby szkoleniowej, umożliwienie przekonania się o zaletach płynących z kształcenia w formie e-learningu z pewnością zadziała stymulująco na rzecz rozwoju tego typu kształcenia.

Poziom informatyzacji przedsiębiorstw nie jest więc barierą dla rozwoju e-learningu korporacyjnego, a wręcz przeciwnie, rozwój informatyzacji w przedsiębiorstwach może sprawić, że e-learning stanie się pożądaną formą szkolenia pracowników.

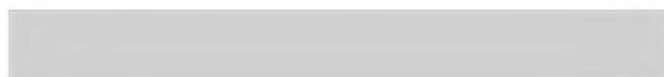
Literatura

1. Bassi L., *How Much Does eLearning Cost?*, „Learning in the New Economy Magazine”, dostępne na: <http://linezine.com/2.1/features/lbhmec.htm>, 20.05.2013.
2. Woźniak-Zapór M., *Uczelniany system kształcenia na odległość a KRK*, [w:] *Krajowe Ramy Kwalifikacji – biurokratyczna konieczność czy szansa na poprawę jakości kształcenia w uczelniach?*, red. M. Kapiszewska, Kraków 2013, s. 121–127.
3. Dąbrowski M., *Analiza pomiaru efektywności kosztowej procesów e-learningowych*, E-mentor nr 5(27)/2008, dostępny na <http://www.e-mentor.edu.pl/artykul/index/numer/27/id/591>, 20.05.2013.
4. Główny Urząd Statystyczny, *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2009 r.*, dane dostępne na: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm?action=show_archive, 20.04.2013 r.
5. Główny Urząd Statystyczny, *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2010 r.*, dane dostępne na: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm?action=show_archive, 20.04.2013 r.
6. Główny Urząd Statystyczny, *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2011 r.*, dane dostępne na: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm?action=show_archive, 20.04.2013 r.
7. Główny Urząd Statystyczny, *Wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych w 2012 r.*, dane dostępne na: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_wykorzystanie_ict_PLK_HTML.htm?action=show_archive, 20.04.2013 r.
8. Woźniak-Zapór M., *E-learning in business*, „Szkoła biznesa” 2013, 3–4: 100–108.
9. *Postaw na rozwój! kampania informacyjno-promocyjna oraz doradztwo dla osób dorosłych w zakresie kształcenia ustawicznego – edycja 2*. Publikacja bezpłatna współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, Akademickie Biuro Karier Uniwersytetu Łódzkiego, <http://www.postawnarozwoj.uni.lodz.pl/admin/zdjecia/file/ebooks/przewodnik%20po%20e-learningu.pdf>, 20.04.2013 r.
10. Hyla M., *Przewodnik po e-learningu*, Kraków 2009.

11. Zając M., *Badania europejskie nt e-learningu – kluczowe czynniki rozwoju*, „Biuletyn programu Leonardo da Vinci” 2009, 1(4), dostępne na : http://www.cren.pl/uploaded-files/zajac_badania-europejskie.pdf, 25.05.2013 r.
12. *Metodyka szkoleń eLearningowych, Materiały szkoleniowe*, red. G. Zajączkowski, Projekt Want2Learn, w ramach inicjatywy wspólnotowej EQUAL, dostępne na: http://www.equal.org.pl/download/produktAttachments/org7861metodyka_szkolen_elearningowych.pdf, 23.05.2013 r.
13. Maj B., Woźniak M., *Internetowe źródła wiedzy jako alternatywa dla komercyjnych form doskazywania pracowników*, [w:] *Kształcenie kompetencji w biegu życia człowieka*, red. J. Aksman, S. Nieciuński. Kraków 2013, s. 133–143.
14. Czernecka M., Hyla M., Hoffmann T., Łais S., Nowak I., *Learning problems – e-solutions 2012. Pierwsze w Polsce badanie jakościowe, opisujące wykorzystanie e-learningu w korporacjach działających na polskim rynku*, <http://xylearning-perspectives.pl>, 18.04.2013 r.
15. Zieliński Z., *E-learning w edukacji. Jak stworzyć multimedialną i w pełni interaktywną treść dydaktyczną*, Helion 2012.
16. Maj B., Woźniak M., *Rola e-learningu jako metody zdobywania wiedzy*, [w:] *Spółeczne i ekologiczne aspekty zarządzania*, red. A. Chodyński. Kraków 2007, s. 129–136.

CZĘŚĆ II

Optymalizacja procesów i metod



System automatycznego przetwarzania formularzy OMR

Tomasz Gąciarz, Joanna Płażek

Streszczenie

Systemy typu OMR (Optical Marker Reader) stosowane są z powodzeniem od wielu lat w celu zautomatyzowania procesu akwizycji danych z dokumentów. W obecnym czasie nabierają one jednak całkiem nowego charakteru ze względu na dostępne dla każdego narzędzia akwizycji obrazów, wśród których obok skanerów wskazać można aparaty fotograficzne i kamery. Typowe zastosowania systemów OMR w edukacji to przetwarzanie testów egzaminacyjnych, kwestionariuszy, ankiet anonimowych oraz akwizycja danych. Przetwarzane dokumenty mają postać formularzy i zwykle wypełniane są ręcznie. Niniejsza praca prezentuje zautomatyzowany system przetwarzania formularzy OMR dostosowany do obrazów pochodzących również z aparatów fotograficznych i popularnych kamer.

Wstęp

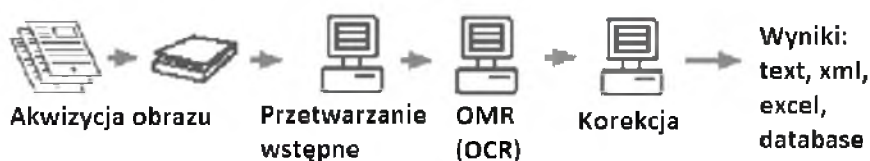
Szybka, łatwa a zarazem tania i niezawodna akwizycja danych jest tematem, który od dawna inspirował do tworzenia dedykowanych w tym celu systemów informatycznych. Wśród tych systemów na szczególną uwagę zasługują te, których zadaniem jest zebranie informacji od większej ilości osób. Do nich zaliczymy m.in. testy egzaminacyjne, wszelkie ankiety wykorzystywane w szkolnictwie, w służbie zdrowia (np. testy psychologiczne) itp. Systemy te podzielić można na dwie, zasadnicze grupy, biorąc pod uwagę narzędzia wykorzystywane do ich realizacji. Pierwsza bazuje na formularzach papierowych wypełnianych przez respondentów, które następnie są skanowane i przetwarzane elektronicznie. Metoda ta stosowana jest z powodzeniem już od wielu lat. Druga, szczególnie popularna w ostatnich latach, przeprowadzana jest w formie elektronicznej od początku do końca. Wydawałoby się, że we współczesnych systemach papier nie ma racji bytu, nie jest to jednak tak jednoznaczne jakby się mogło wydawać. Formularze papierowe mają swoich obrońców i to wśród poważnych socjologów. Niewątpliwą zaletą systemów bazujących na papierze jest dużo większe zaufanie respondentów jeśli chodzi o kwestię anonimowości. Jak dowodzi praktyka

na uczelniach, dużo więcej wątpliwości w kwestiach bezpieczeństwa danych i anonimowości powstaje w przypadku rozwiązań, w których wymagana jest autoryzacja użytkownika, a na takiej w głównej mierze bazują systemy w całości elektroniczne.

Historycznie, systemy przetwarzające dedykowane formularze papierowe nazywane są systemami OMR (ang. *Optical Mark Recognition*). Sama ich nazwa dużo wyjaśnia i używana była początkowo do określenia dedykowanych urządzeń sprzętowych (*Optical Mark Reader*) realizujących proces akwizycji i przetwarzania specjalnie w tym celu zaprojektowanych formularzy. Obecnie nazwa ta znacznie częściej kojarzona jest z oprogramowaniem przetwarzającym zeskanowane wcześniej dokumenty. Przetwarzanie to w odróżnieniu od systemów OCR (ang. *Optical Character Recognition*) skupione jest na wyszukiwaniu specjalnych pól wyboru – zwykle zaznaczanych przez wypełniającego (ang. *check-box*) i jest procesem dużo łatwiejszym, szybszym i dokładniejszym niż OCR. Prezentowany system łączy idee systemów OCR i OMR przez co jest bardziej uniwersalny i może być stosowany również do przeprowadzania testów i egzaminów. Użytkownik jest wtedy identyfikowany poprzez odczytanie jego identyfikatora z odpowiedniego pola formularza. Dobrze zaprojektowany i zrealizowany system OMR pozwala na przetworzenie kilkudziesięciu formularzy przy użyciu stosunkowo tanich i popularnych urządzeń w ciągu zaledwie kilku minut. Dodatkową zaletą w przypadku jego użycia jest papierowy oryginał, który może być przechowywany np. w przypadku przeprowadzania egzaminów.

Ogólna budowa systemów OMR

Działanie systemu przetwarzania formularzy można generalnie podzielić na dwie fazy. W pierwszej należy odpowiednio zaprojektować i przygotować wzorce formularzy. W drugiej następuje proces akwizycji danych z tych formularzy oraz ich obróbka. W kolejnych punktach opisana zostanie realizacja takiego systemu stworzonego przede wszystkim z myślą o użytkowniku, który chce szybko przygotować i przeprowadzić test lub ankietę przy użyciu powszechnie dostępnych środków.



Rys. 18. Ogólny schemat budowy systemu OMR.

Źródło: opracowanie własne.

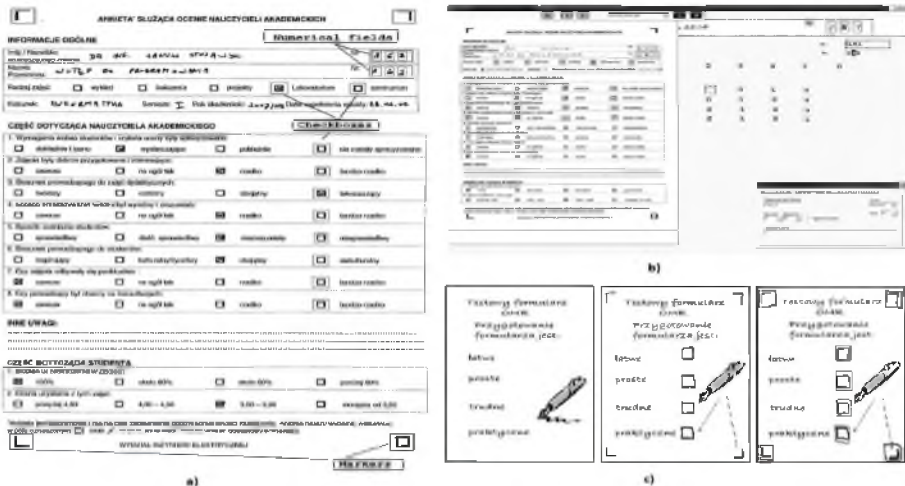
Przygotowanie formularzy OMR

Przygotowanie odpowiednich formularzy OMR zdeterminowane jest możliwościami całego systemu, zarówno pod względem sprzętowym akwizycji danych jak i programowym obróbki skanowanych dokumentów i ich rozpoznawania.

W efekcie działania systemu oczekujemy odpowiedzi na pytanie – które z pól wyboru zostało zaznaczone (skreślone, podkreślone, obrysowane itp.)? Aby na nie odpowiedzieć niezbędna jest prawidłowa ich lokalizacja na obrazach. Z tego też względu większość formularzy OMR zawiera specjalne markery na podstawie których znajdują się pola wyboru oraz możliwa jest korekta odkształceń perspektywicznych i soczewkowych jeśli takie występują.

Markery mogą być rozlokowane w dowolnym miejscu, ale zwykle umieszczamy je w narożnikach formularza. Ich liczba nie powinna być mniejsza od czterech. W celu ewentualnej korekty orientacji skanu jeden marker może być innego kształtu niż pozostałe (prawy dolny marker na rys. 19a). Należy pamiętać, aby w okolicach bliskich markerów nie umieszczać innych informacji, czy pól wyboru. Z praktyki wiadomo, że niezbyt doświadczeni projektanci takich systemów często o tym zapominają i narażają przyszłego użytkownika na wysokie koszty związane z korektą źle przetworzonych dokumentów. Projektując formularz powinno się dążyć do tego, aby pola wyboru były od siebie na tyle oddalone, aby zminimalizować ryzyko ich przypadkowego zakreslenia. Istnieje kilka sposobów na przygotowanie formularzy OMR. Ich forma oraz różnorodność pól wyboru zależą przede wszystkim od stopnia zaawansowania modułu rozpoznawania obrazu. Formularze mogą być generowane przy pomocy dedykowanych do tego celu edytorów (moduły takie można znaleźć np. w środowiskach e-learningowych LMS (np. Moodle) czy edytorach (np. Latex). Zaletą ich stosowania są dodatkowe informacje o formularzu przydatne w procesie ich przetwa-

rzania i lokalizacji pól wyboru. Są to przede wszystkim dane dotyczące rozmieszczenia markerów oraz pól wyboru. Moduły te posiadają zwykle dużo bogatszą funkcjonalność, która dodatkowo pozwala m.in. na wygenerowanie przez egzaminatora określonej liczby zestawów pytań wraz z kluczami odpowiedzi, import danych do formatu XML, czy automatyczne tworzenie formularza elektronicznego.



Rys. 19. a) przykładowy formularz OMR; b) oznaczenie obszarów markerów i pól wyborów oraz przygotowanie formatki do korekty; c) „ręczne” przygotowanie formularza.

Źródło: opracowanie własne.

Jeżeli dysponujemy już zdefiniowanym formularzem (w formie wydruku papierowego) niezbędne dane o lokalizacji markerów, pól wyboru czy ich rodzaju musimy wprowadzić sami. W zrealizowanym przez nas systemie służy do tego specjalny edytor graficzny (rys. 19 b). Wzorzec formularza jest skanowany, a następnie wprowadza się dane poprzez ich graficzne zaznaczenie na obrazie przy pomocy myszy lub rysika. Podejście to może okazać się czasochłonne w przypadku skomplikowanych dokumentów, jednak jest bardziej uniwersalne, gdyż formularz może być przygotowany przy pomocy dowolnego edytora tekstowego.

Kolejnym, autorskim rozwiązaniem jeśli chodzi o przygotowanie formularzy w ramach zaimplementowanego systemu jest możliwość „ręcznego” ich stworzenia bez użycia (lub częściowo tylko) edytorów tekstowych i graficznych (rys. 19 c). Jest to możliwe dzięki zastosowaniu odpowiednich

modułów przetwarzania wstępnego i rozpoznawania obrazów. W podejściu tym rysujemy na kartce papieru markery oraz pola wyboru mając na uwadze odpowiednie odległości między nimi. Istnieje również możliwość wprowadzenia dodatkowych informacji (które nie będą widoczne na formularzu) dotyczących np. rodzaju pól wyboru, akceptowanego obszaru wyboru poprzez zastosowanie odpowiednich kolorów. Taki wzorec jest następnie skanowany przy użyciu dowolnego czytnika optycznego. Inteligentne oprogramowanie analizuje wprowadzony obraz i umożliwia wydruk formularza bez informacji dodatkowych oraz generuje plik sterujący dla silnika OMR rozpoznającego wypełnione formularze. Podejście to okazuje się praktyczne w przypadku, gdy w ciągu kilku minut chcemy przygotować formularze i np. przeprowadzić krótką ankietę lub test nie posiadając przy sobie komputera!

Binaryzacja

W przypadku wielu praktycznych zastosowań jednym z pierwszych etapów przetwarzania obrazu jest jego binaryzacja. Ma ona zwykle na celu przekształcenie obrazu zapisanego w skali szarości na obraz binarny utożsamiany często z „czarno-białym”. Z sytuacją taką mamy np. do czynienia w przypadku przetwarzania obrazów dokumentów. Większość silników zaprojektowanych jest do pracy z obrazem binarnym. W trakcie binaryzacji dokonuje się zwykle oddzielenie tła od ważnych informacji z pierwszego planu. Należy pamiętać, że na tym etapie przetwarzania obrazu następuje redukcja informacji, która z jednej strony pozwala nam na zastosowanie pewnych metod (w szczególności segmentacji) z drugiej jednak pozbawiać nas może często cennych informacji związanych np. z poziomami jasności. Warto więc tak projektować system, aby w razie potrzeby móc dysponować wszelkimi dostępnymi danymi.

Generalnie w procesie binaryzacji dążymy do otrzymania obrazu $o(x,y)$ przyjmującego dwie wartości:

$$o(x,y) = \begin{cases} 0, & \text{dla } g(x,y) \leq t(x,y); \\ 255, & \text{dla pozostałych przypadków} \end{cases} \quad (3)$$

gdzie 0 zwykle reprezentuje kolor czarny a 255 biały. Jeśli obraz wynikowy jest binarny i jeden piksel opisywany jest jednym bitem, często 0 związane jest z tłem czyli kolorem białym a 1 z kolorem czarnym. $t(x,y)$ jest tzw. progiem binaryzacji. W tradycyjnym podejściu (tzw. globalnego *thresholdingu*)

próg ten wyznaczany jest jeden (tzw. próg globalny) dla wszystkich pikseli obrazu. Najbardziej znaną metodą jego określania jest metoda Otsu [1].

Przy obecnej mocy obliczeniowej procesorów oraz wymaganiach jakie stawiają przed nami nowe urządzenia stosowane coraz częściej do akwizycji obrazów np. aparatów fotograficznych, czy kamer wideo wysokiej rozdzielczości coraz częściej używa się efektywnych metodach binaryzacji adaptacyjnej. Dotyczy to w szczególności technologii OCR i OMR.

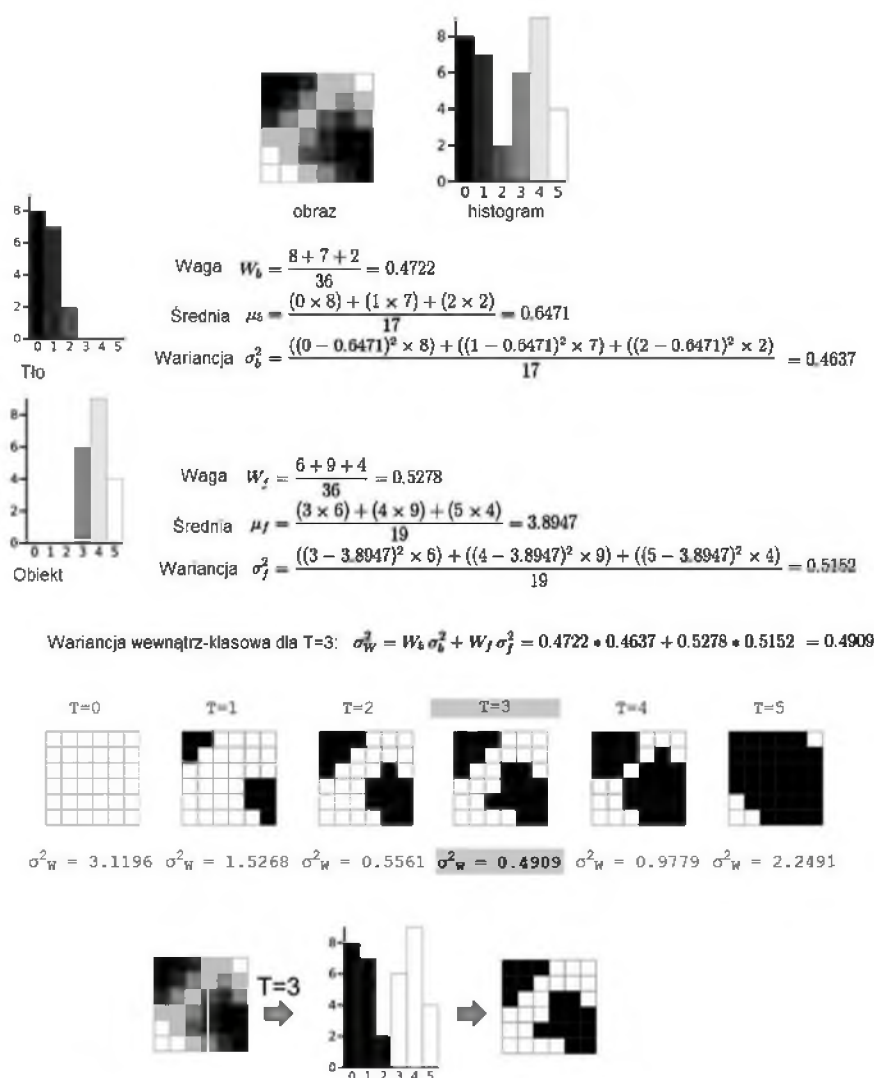
Metody globalne mają zastosowanie w przypadku np. dokumentów skanowanych tradycyjnie gdzie poziom jasności, przy której wykonywany jest skan, raczej się nie zmienia. Obecnie obraz wykonany np. aparatem fotograficznym, którym dysponujemy w telefonie komórkowym jest pełen niedoskonałości i zniekształceń (perspektywicznych i soczewkowych) oraz różnic w oświetleniu m.in. z tego wynikających. Wyznaczenie globalnego progu binaryzacji w większości tych przypadków nie przyniesie nam zadowalającego rezultatu. Próg ten należy bowiem dostosować lokalnie do danych fragmentów obrazu. Będzie on inny w regionach słabo oświetlonych o małej wariancji, a inny w miejscach o dużym kontraście.

Metoda Otsu

Wybór progu t w metodzie Otsu wymaga przejścia po wszystkich jego dopuszczalnych wartościach od 0 do 255. Dla każdego t określa się wartość wariancji jasności pikseli („rozrzut”) mniejszych od niego oraz większych. Piksele, których jasność będzie mniejsza od progu t utożsamiać będziemy z tłem a pozostałe z pierwszym planem. W dalszym ciągu będziemy używać nazw angielskich odpowiednio *background* dla tła oraz *foreground* dla pierwszego planu.

Po przemnożeniu powyższych wariancji przez ich wagi obliczana jest wariancja wewnątrzklasowa będąca ich sumą. Jako próg wybierana jest ostatecznie ta wartość t dla którego wariancja wewnątrzklasowa jest najmniejsza.

Na rys. 20 przedstawiono przykładowy sposób obliczenia wariancji dla małego obrazka o wymiarach 6x6 pikseli oraz 6 stopniach szarości.



Rys. 20. Przykład obliczania progu metodą Otsu. Indeksy dolne b i f oznaczają odpowiednio *background* i *foreground* a W i B odpowiednio wariancję wewnątrzklasową (ang. *Within Class*) oraz międzyklasową (ang. *Between Class*).

Źródło: opracowanie własne na podstawie przykładu z Internetu.

W celu przyspieszenia obliczeń właściwego progu w praktyce stosuje się nieco zmodyfikowane podejście. Okazuje się, że dla progu dla którego wariancja wewnątrzklasowa jest najmniejsza wariancja międzyklasowa jest

największa. Modyfikując odpowiednio wzory na te wariancje otrzymujemy:
Wariancja wewnątrzklasowa:

$$\sigma_W^2 = W_b \sigma_b^2 + W_f \sigma_f^2 \quad (4)$$

$$\sigma_s^2 = \sigma_s - \sigma_s^M = M^p (\pi^p - \pi)_s + M^l (\pi^l - \pi)_s = M^p M^l (\pi^p - \pi^l)_s, \quad (5)$$

gdzie $\mu = W_b \mu_b + W_f \mu_f$

Sposób wyznaczenia progu t dla którego wariancja międzyklasowa jest największa, oraz binaryzacji z jego wykorzystaniem przedstawiono na wydruku rys. 21.

```
int Otsu_binarization(unsigned char** src, int w, int h)
{
    int x,y,t,wf, wb = 0, sum = 0, thres = 0;
    int his[256];
    float mb, mf, varB, maxvar = 0, sumb = 0;

    //wyznaczenie progu binaryzacji
    for (t=0; t<256; t++) his[t] = 0;

    for (y=0; y<h; y++) //wyznacz histogram
        for(x=0; x<w; x++)
            his[ src[y][x] ]++;

    for (t=0; t<256; t++) sum += t * his[t];

    for (t=0; t<256; t++){

        wb += his[t];          if (wb == 0) continue;
        wf = w*h-wb;          if (wf == 0) break;

        sumb += t*his[t];
        mb = sumb/wb;          //średnia background
        mf = (sum-sumb)/wf;     //średnia foreground

        varB = (float)wb*(float)wf*(mb-mf)*(mb-mf); //wariancja międzyklasowa

        if (varB > maxvar) maxvar = varB, thres = t;
    }

    //progowanie obrazu wejściowego
    for (y=0; y<h; y++)
        for(x=0; x<w; x++)
            src[y][x] = (src[y][x] < thres) ? 0 : 255;

    return thres;
}
```

Rys. 21. Listing funkcji realizującej binaryzację metodą Otsu.

Metoda Niblacka

Metoda Niblacka [2] jest najpopularniejszą metodą binaryzacji adaptacyjnej. Próg binaryzacji wyznaczany jest dla każdego piksela oddzielnie na podstawie średniej jasności oraz odchylenia standardowego jasności pikseli w jego sąsiedztwie (stąd określenie metody jako adaptacyjnej):

$$t(x, y) = m(x, y) + k * s(x, y) \quad (6)$$

Sąsiedztwo punktu powinno być na tyle małe, aby można było dokonać dobrej separacji i zachować szczegóły, a zarazem na tyle duże, aby usunąć niepotrzebne szумы. W przypadku binaryzacji obrazów dokumentów tekstowych sprawdzoną praktyką jest wielkość okna nie przekraczająca szerokości dwóch liter (np. 15x15) i wartością $k=-0.2$. Znacznym problemem w stosowaniu tej (jak i innych) metody binaryzacji adaptacyjnej są duże obszary o jednolitym kolorze. Trudno wtedy właściwie określić sąsiedztwo. W takich - „przeklinanych” przez specjalistów od binaryzacji przypadkach wydaje się, że niezbędne jest zastosowanie kilku różnych metod binaryzacji w połączeniu z analizą zawartości obrazu.

Metoda Sauvola

Metoda ta jest modyfikacją metody Niblacka i jest obecnie metodą state-of-the-art w dziedzinie przetwarzania obrazów dokumentów [3]. Próg wyznaczany jest na podstawie wzoru:

$$t(x, y) = m(x, y) \left[1 + k \left(\frac{s(x, y)}{R} - 1 \right) \right] \quad (7)$$

R – jest maksymalną wartością odchylenia standardowego ($R=128$ dla obrazów w skali szarości) a k jest wartością z zakresu $[0.1, 0.5]$.

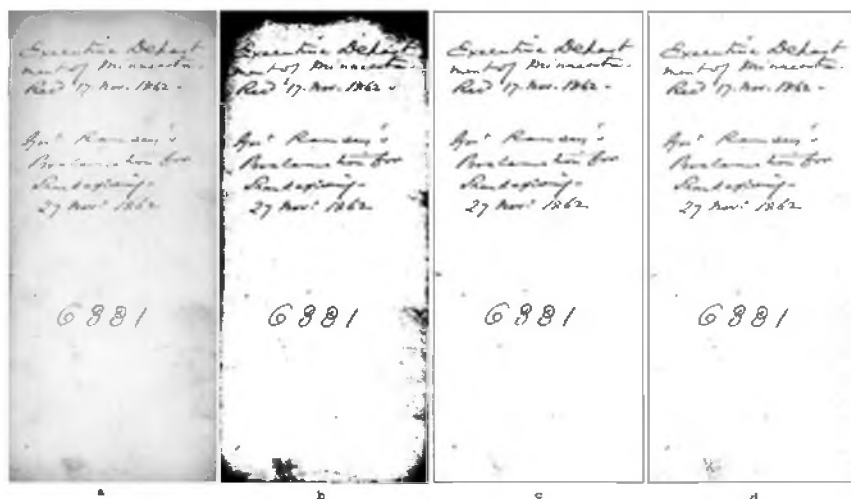
Wartość średnia $m(x, y)$ oraz odchylenie standardowe $s(x, y)$ adaptuje próg $t(x, y)$ w zależności od lokalnego kontrastu sąsiadujących pikseli. Jeśli kontrast w jakimś regionie obrazu jest duży – czyli:

$$s(x, y) \approx R,$$

skutkuje to wartością progu:

$$t(x, y) \approx m(x, y)$$

Jest to rezultat podobny do tego jaki otrzymalibyśmy stosując metodę Niblacka. Różnice między metodami wystąpią jednak w przypadku małego kontrastu [7]. Próg $t(x,y)$ obniża się wtedy w stosunku do wartości średniej z powodzeniem usuwając stosunkowo zaciemnione regiony tła. Parametr k kontroluje próg dla danego okna – im jest on większy tym bardziej obniżamy próg w stosunku do $m(x,y)$ [4].



Rys. 22. Przykład binaryzacji dokumentu; a) obraz oryginalny, b) metoda globalna Otsu, c) metoda Niblack, d) metoda Sauvola.

Źródło: opracowanie własne.

Metoda Bradley'a

Metoda Bradleya jest kompromisem pomiędzy jakością binaryzacji a jej szybkością. Jej idea jest stosunkowo prosta. Tak jak w poprzednich metodach brane jest pod uwagę sąsiedztwo danego piksela. Jeśli jego jasność jest o k procent mniejsza od średniej jasności sąsiedztwa to jest on oznaczany jako czarny – w przeciwnym razie jako biały. Próg określić można wzorem:

$$t(x,y) = m(x,y) * (100 - t)/100 \quad (8)$$

Metody wyznaczania podstawowych parametrów obrazów

Średnia z jasności

Większość przydatnych w analizie obrazów cech pochodzi z analizy wartości średniej z jasności pikseli i analizy zmienności jasności pikseli, czyli wariancji w danym obszarze. Spostrzeżenie to poparte jest licznymi badaniami neurofizjologów. Okazuje się, że oglądając pewną scenę w pierwszej kolejności zwracamy uwagę na obszary, w których następują stosunkowo duże zmiany jasności. Następnie próbujemy się doszukać bardziej szczegółowych informacji już w tych wybranych rejonach. Parametry związane ze średnią z jasności oraz odchyleniem standardowym z jasności wykorzystywane są w opisywanym systemie na kilku etapach przetwarzania obrazu – począwszy od binaryzacji, poprzez segmentację oraz rozpoznawanie obiektów. Ich efektywne obliczanie stanowi kluczową rolę w projekcie.

Obszary w których analizujemy średnią jasność są zwykle prostokątne z uwagi na łatwość obliczeń. Dysponując jednak szybkimi metodami dla obliczania tych parametrów dla prostokątnych obszarów nic nie stoi na przeszkodzie, aby łączyć je w bardziej skomplikowane konfiguracje.

W tradycyjnym podejściu obliczenie średniej jasności pikseli w danym ROI (ang. *Region of interest*) wymaga przejścia przez wszystkie piksele w nim zawarte. Podejście to jest dobre w przypadku niewielkiej liczby obszarów ROI, które zwykle się nie pokrywają. Jeśli jednak zachodzi potrzeba określenia jasności dla bardzo wielu ROI, (np. zachodzących na siebie) korzystamy z właściwości obrazów pomocniczych tzw. *integral images* (z uwagi na brak precyzyjnego, polskiego odpowiednika językowego autorzy stosują nazwę angielską). *Integral image* [6] znany jest również w zastosowaniach związanych z grafiką pod nazwą *summed area table*) [5]. Dzięki zastosowaniu obrazów pomocniczych typu *integral image* jesteśmy w stanie obliczać średnią jasność pikseli oraz odchylenie standardowe dla dowolnie dużych, prostokątnych obszarów w stałym czasie.

Integral image

Idea budowy *integral image* polega na obliczeniu dodatkowego obrazu i (jego wymiary – szerokość i wysokość, są takie same jak obrazu oryginalnego), w którym dla każdego piksela o współrzędnych (x,y) przechowywana jest wartość sumy jasności pikseli na lewo i powyżej niego (na obrazie wejściowym), włącznie z nim samym (rys. 23):

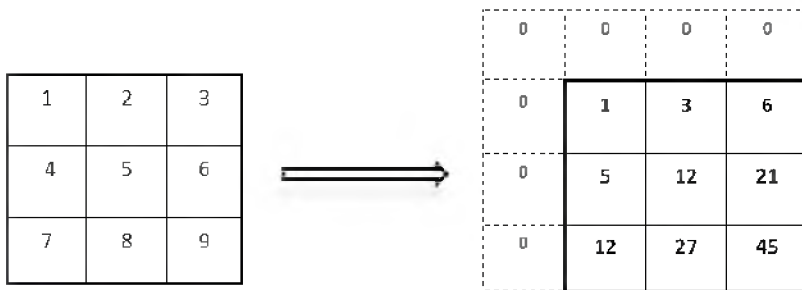
$$i(x, y) = \sum_{i=0}^x \sum_{j=0}^y g(i, j) \quad (9)$$

gdzie $g(i, j)$ są wartościami jasności pikseli obrazu wejściowego typu *grey-scale*.

Wartości *integral image* mogą być obliczone rekurencyjnie podczas jednego przebiegu przez punkty obrazu wejściowego wiersz po wierszu:

$$i(x, y) = g(x, y) + i(x - 1, y) + i(x, y - 1) - i(x - 1, y - 1) \quad (10)$$

pamiętając, że: $i(x, -1) = i(-1, y) = 0$



Rysunek 23 Przykład tworzenia *integral image*. Średnia jasność całego obszaru obrazu może być obliczona w tym przypadku jako: $45/9$.

Źródło: opracowanie własne.

Implementacja powyższych zależności stanie się dużo prostsza, jeśli w trakcie przechodzenia przez kolejne punkty danego wiersza sumę ich jasności przechowywać będziemy w zmiennej pomocniczej. Następnie wystarczy do jasności bieżącego punktu dodać tę sumę oraz wartość *integral image* obliczoną wcześniej dla odpowiedniego punktu z poprzedniego wiersza.

Przykładowy kod programu w języku C może wyglądać następująco:

```
void integral_image(unsigned char **g, unsigned long **I, unsigned int w, unsigned int h)
{
    unsigned int x,y,suma;

    for (y=0; y<h; ++y){
        suma=0;
        for (x=0; x<w; ++x){
            suma += g[y][x];

            if (y==0)
                I[y][x] = suma;
            else
                I[y][x] = I[y-1][x] + suma;
        }
    }
}
```

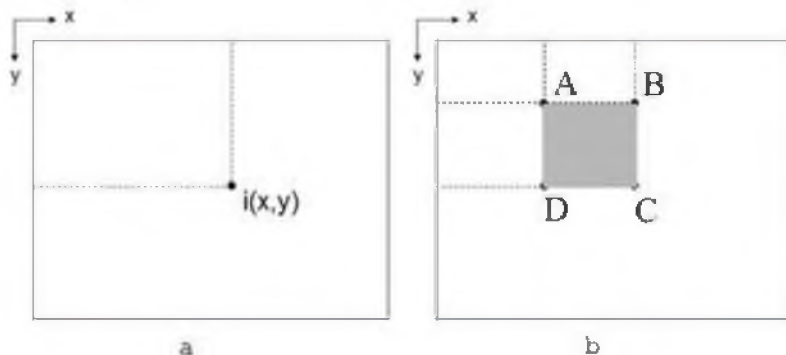
Dysponując raz utworzonym *integral image*, w bardzo efektywny sposób otrzymać można sumę wartości jasności pikseli w dowolnym prostokątnym obszarze obrazu wejściowego (rys. 24 b – obszar zaciemniony) zgodnie ze wzorem:

$$\sum_{\substack{A(x) < x \leq C(x) \\ A(y) < y \leq C(y)}} g(x, y) = I(C) + I(A) + I(B) - I(D) \quad (11)$$

Dzieląc otrzymany wynik przez n (ilość pikseli w obszarze ABCD) otrzymujemy średnią jasność:

$$m_{ABCD} = (I(C) + I(A) - I(B) - I(D)) / n \quad (12)$$

gdzie: m_{ABCD} to średnia jasność pikseli, a n liczba pikseli w tym obszarze.



Rysunek 24. Sposób obliczania wartości sumy jasności pikseli w obszarze ograniczonym punktami ABCD przy użyciu integral image, a – wartości obrazu pomocniczego w punktach (x,y), b – wartości obrazu pomocniczego w punktach ABCD ograniczających obszar w którym szukana jest suma jasności pikseli.

Źródło: opracowanie własne.

Wariancja jasności

Tradycyjnie, wariancja i odchylenie standardowe (pierwiastek z wariancji) jako najczęściej używane miary „rozrzutu” obliczane są ze wzoru:

$$s^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n, \text{ gdzie } \bar{x} = 1/n \sum_{i=1}^n x_i \quad (13)$$

Dla naszych celów jednak dużo wygodniejszy będzie wzór na wariancję przekształcony do postaci:

$$s^2 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \bar{x}^2 \quad (14)$$

Średnią jasność pikseli w łatwy sposób i w stałym czasie obliczamy korzystając z *integral image* opisanego wcześniej. Analogicznie możemy postąpić w przypadku obliczania sumy z kwadratów jasności. W tym celu niezbędne będzie utworzenie dodatkowego obrazu *ii* typu *integral image* dla kwadratów jasności pikseli:

$$ii(x, y) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n g^2(i, j) \quad (15)$$

i korzystając ze wzoru na wariancję otrzymujemy:

$$v_{ABCD} = \left(\frac{1}{n} \sum_{\substack{A(x) < x \leq C(x) \\ A(y) < y \leq C(y)}} g^2(x, y) \right) - m_{ABCD}^2 \quad (16)$$

Implementując funkcję wyznaczającą *integral image* dla kwadratów jasności należy wziąć pod uwagę fakt, że wartości sum kwadratów w przypadku większych obrazów mogą szybko przekroczyć zakres typu „integer”, dlatego niezbędna może się okazać alokacja pamięci dla typu danych mogących przechowywać większe wartości.

Korekta zniekształceń

W trakcie procesu akwizycji obrazy podlegają często zniekształceniom. Ma to miejsce przede wszystkim wówczas, gdy robimy zdjęcia aparatem lub kamerą. Deformacje są najczęściej związane z odkształceniami soczewkowymi tych urządzeń i odkształceniami perspektywicznymi, wynikającymi najczęściej z ustawienia pod jakimś kątem urządzenia w stosunku do sceny. Detekcja i korekta tych zniekształceń jest niezbędna w celu ustalenia właściwego położenia pól wyboru na formularzu OMR.



Rys. 25. Kolejne etapy przetwarzania formularza OMR: a) binaryzacja adaptacyjna; b) korekta zniekształceń.

Źródło: opracowanie własne.

Służy temu określona transformacja geometryczna, czyli przekształcenie punktów umieszczonych w układzie pierwotnym (zniekształcony w procesie akwizycji obraz dokumentu) na punkty znajdujące się w układzie wtórnym (obraz dokumentu jaki oczekiwany jest po korekcie). Układy te w przypadku grafiki dwuwymiarowej są kartezjańskimi układami współrzędnych. Punkt leżący w układzie pierwotnym traktować będziemy jako punkt referencyjny, natomiast odpowiadający mu punkt w układzie wtórnym jako hipotetyczny.

Transformacja afiniczna

Transformacja afiniczna jest równoległobocznym przekształceniem geometrycznym na które składają się cztery przekształcenia:

– przesunięcie o wektor

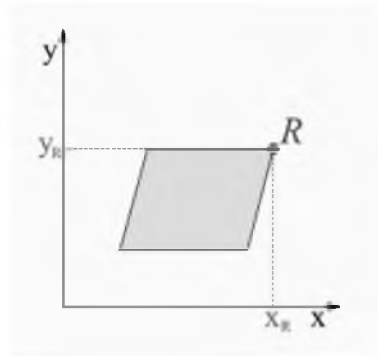
$$\vec{T} = [t_x, t_y], \quad (17)$$

– obrót o kąt ϕ ,

– rozciągnięcie określone przez współczynniki skalujące s_x i s_y ,

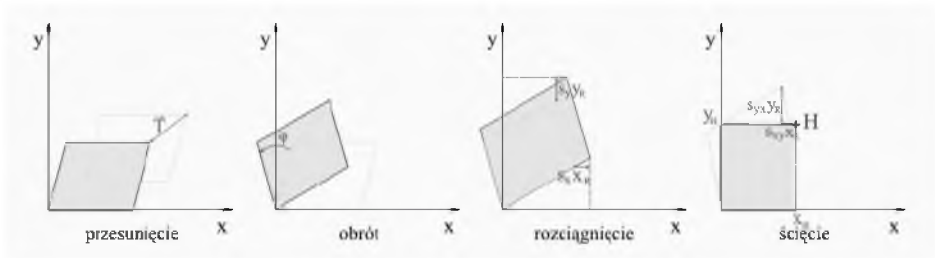
– ścięcie określone przez współczynniki skalujące s_{xy} i s_{yx} , przy czym $s_{xy}=s_{yx}$

Na rys. 26 i 27 przedstawiono przykładową transformację afiniczną z zaznaczonym punktem referencyjnym R o współrzędnych (x_R, y_R) . W wyniku jej zastosowania punkt R znajdzie się w hipotetycznym miejscu o współrzędnych $H(x_R, y_R)$.



Rys. 26. Obraz w układzie pierwotnym.

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 27. Przekształcenia składające się na transformację afiniczną.

Źródło: opracowanie własne.

W celu obliczenia nowych współrzędnych punktu R korzystamy z równań:

$$\begin{aligned} x_H &= t_x + (s_x x_R + s_{xy} y_R) \cos \varphi - (s_y y_R + s_{xy} x_R) \sin \varphi, \\ y_H &= t_y + (s_x x_R + s_{xy} y_R) \sin \varphi + (s_y y_R + s_{xy} x_R) \cos \varphi. \end{aligned} \quad (18)$$

które można również zapisać jako:

$$\begin{aligned} x_H &= t_x + a x_R + b y_R, \\ y_H &= t_y + c x_R + d y_R, \end{aligned} \quad (19)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} a &= s_x \cos \varphi - s_{xy} \sin \varphi, \\ b &= s_{xy} \cos \varphi - s_y \sin \varphi, \end{aligned}$$

$$c = s_x \sin \varphi - s_{xy} \cos \varphi,$$

$$d = s_{xy} \sin \varphi + s_y \cos \varphi.$$

Nasuwa się pytanie, w jaki sposób obliczyć niezbędne współczynniki odwzorowania? W tym celu musimy dysponować określoną liczbą punktów referencyjnych (tzw. markerów), dla których będziemy w stanie określić położenie odpowiadających im punktów hipotetycznych po przekształceniu. Położenie to jest zwykle obarczone pewnym błędem zależnym od metody jego wyznaczania. Im więcej jednak uda się znaleźć punktów referencyjnych i ich odpowiedników tym bardziej można zminimalizować te różnice. Korzystamy przy tym z metody najmniejszych kwadratów, dzięki której znajdujemy przybliżone rozwiązanie układu nad-określonego. Jej idea polega na minimalizacji sumy kwadratów błędów wynikających z rozwiązania tego układu, co przekłada się na zróżniczkowanie tej sumy po niewiadomych, przyrównanie wyników do zera i obliczeniu współczynników. Kluczowym zagadnieniem tego rozwiązania jest dobranie odpowiedniej funkcji dopasowania.

Przypuśćmy, że dysponujemy zbiorem n punktów referencyjnych R_i ($i=1, \dots, n$). Znaleźć jest również położenie odpowiadających im punktów hipotetycznych – nazwijmy je punktami dopasowania $D_i(x_{D_i}, y_{D_i})$. Ze względu na deformacje wynikające z przekształcenia obrazu z układu pierwotnego do wtórnego współrzędne oczekiwanych punktów hipotetycznych H_i zwykle różnią się od znalezionych punktów dopasowania D_i . Funkcję dopasowania f można więc określić jako sumę kwadratów odległości punktów D_i od punktów H_i :

$$f = \sum_{i=1}^n (\sqrt{f_{x_i}^2 + f_{y_i}^2})^2, \quad (20)$$

a następnie wyliczyć współczynniki transformacji:

$$f_{x_i} = x_{D_i} - x_{H_i} = x_{D_i} - (t_x + ax_{R_i} + by_{R_i}),$$

$$f_{y_i} = y_{D_i} - y_{H_i} = y_{D_i} - (t_y + cx_{R_i} + dy_{R_i}).$$

$$\begin{bmatrix} t_x \\ a \\ b \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T X_D,$$

$$\begin{bmatrix} t_y \\ c \\ d \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T Y_D,$$

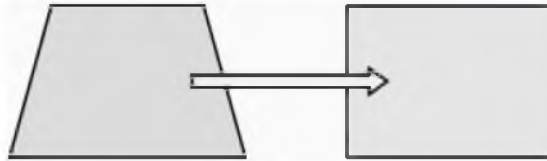
gdzie

$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_{R_1} & y_{R_1} \\ 1 & x_{R_2} & y_{R_2} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{R_n} & y_{R_n} \end{bmatrix}, \quad X_D = \begin{bmatrix} x_{D_1} \\ x_{D_2} \\ \vdots \\ x_{D_n} \end{bmatrix}, \quad Y_D = \begin{bmatrix} y_{D_1} \\ y_{D_2} \\ \vdots \\ y_{D_n} \end{bmatrix}. \quad (21)$$

Jak widać z zapisu macierzowego do wyznaczenia współczynników transformacji afinicznej niezbędne są co najmniej trzy punkty referencyjne i odpowiadające im punkty dopasowania.

Transformata dwuliniowa

Transformata dwuliniowa jest rozszerzeniem transformaty afinicznej i umożliwia dodatkowo przekształcenie trapezoidalne (rys. 28).



Rys. 28. Przekształcenie dwuliniowe.

Źródło: opracowanie własne.

W stosunku do transformacji afinicznej wzory na przekształcenie dwuliniowe zawierają dodatkowy wyraz mieszany $x_R y_R$ wielomianu drugiego stopnia:

$$\begin{aligned} x_H &= t_x + ax_R + by_R + ex_R y_R, \\ y_H &= t_y + cx_R + dy_R + fx_R y_R. \end{aligned} \quad (22)$$

Aby wyznaczyć wszystkie parametry tego przekształcenia zgodnie z poniższymi wzorami potrzeba już co najmniej czterech punktów referencyjnych i związanych z nimi punktów dopasowania:

$$\begin{bmatrix} t_x \\ a \\ b \\ c \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T X_D,$$

$$\begin{bmatrix} t_y \\ c \\ d \\ f \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T Y_D,$$

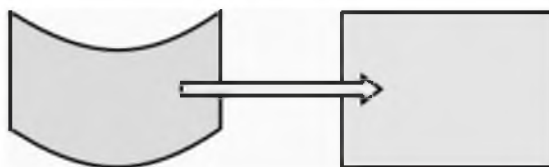
gdzie

$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_{R1} & y_{R1} & x_{R1}y_{R1} \\ 1 & x_{R2} & y_{R2} & x_{R2}y_{R2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{Rn} & y_{Rn} & x_{Rn}y_{Rn} \end{bmatrix}, \quad X_D = \begin{bmatrix} x_{D1} \\ x_{D2} \\ \vdots \\ x_{Dn} \end{bmatrix}, \quad Y_D = \begin{bmatrix} y_{D1} \\ y_{D2} \\ \vdots \\ y_{Dn} \end{bmatrix}. \quad (23)$$

Transformacja wielomianowa drugiego stopnia

Transformacja dwuliniowa (dwukwadratowa, bikwadratowa) jest kolejnym „dopełnieniem” wprowadzonych wcześniej przekształceń. Wzory translacyjne zawierają wszystkie występujące wcześniej wyrazy i są dodatkowo wzbogacone o nowe:

$$\begin{aligned} x_H &= t_x + ax_R + by_R + gx_R^2 + ex_Ry_R + iy_R^2, \\ y_H &= t_y + cx_R + dy_R + hx_R^2 + fx_Ry_R + jy_R^2. \end{aligned} \quad (24)$$



Rys. 29. Dodatkowe – parabolicznie zniekształcone obrazy mogą być opisane przy pomocy transformacji wielomianowej drugiego stopnia.

Źródło: opracowanie własne.

Aby wyznaczyć parametry tej translacji według poniższych wzorów dysponować musimy co najmniej sześcioma punktami odniesienia:

$$\begin{bmatrix} t_x \\ a \\ b \\ g \\ e \\ i \end{bmatrix} - (A^T A)^{-1} A^T X_D, \quad \begin{bmatrix} t_y \\ c \\ d \\ h \\ f \\ j \end{bmatrix} - (A^T A)^{-1} A^T Y_D,$$

gdzie

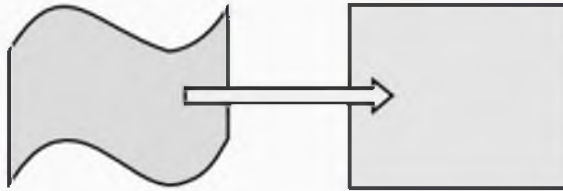
$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_{R_1} & y_{R_1} & x_{R_1}^2 & x_{R_1} y_{R_1} & y_{R_1}^2 \\ 1 & x_{R_2} & y_{R_2} & x_{R_2}^2 & x_{R_2} y_{R_2} & y_{R_2}^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{R_n} & y_{R_n} & x_{R_n}^2 & x_{R_n} y_{R_n} & y_{R_n}^2 \end{bmatrix}, \quad X_D = \begin{bmatrix} x_{D_1} \\ x_{D_2} \\ \vdots \\ x_{D_n} \end{bmatrix}, \quad Y_D = \begin{bmatrix} y_{D_1} \\ y_{D_2} \\ \vdots \\ y_{D_n} \end{bmatrix}. \quad (25)$$

Transformacja wielomianowa trzeciego stopnia

Wzory na transformację wielomianową trzeciego stopnia (inaczej: bikubiczną, bisześcienną lub dwusześcienną) zawierają już wyrazy wielomianu stopnia trzeciego:

$$\begin{aligned} x_H &= t_x + ax_R + by_R + gx_R^2 + ex_R y_R + iy_R^2 + kx_R^3 + mx_R^2 y_R + px_R y_R^2 + ry_R^3, \\ y_H &= t_y + cx_R + dy_R + hx_R^2 + fx_R y_R + jy_R^2 + lx_R^3 + nx_R^2 y_R + qx_R y_R^2 + sy_R^3. \end{aligned} \quad (26)$$

Dzięki tej transformacji możliwe są przekształcenia obrazów zdeformowanych w kształcie litery 'S' (rys. 13).



Rys. 30. Opis dodatkowego zniekształcenia w kształcie liter 'S' przy pomocy transformacji bikubicznej.

Źródło: opracowanie własne.

Dziesięć par punktów potrzebnych do obliczenia niezbędnych współczynników tej translacji obliczyć można ze wzorów:

$$\begin{bmatrix} t_x \\ a \\ b \\ g \\ e \\ i \\ k \\ m \\ p \\ r \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T X_D, \quad \begin{bmatrix} t_y \\ c \\ d \\ h \\ f \\ j \\ l \\ n \\ q \\ s \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T Y_D,$$

gdzie

$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_{R_1} & y_{R_1} & x_{R_1}^2 & x_{R_1} y_{R_1} & y_{R_1}^2 & x_{R_1}^3 & x_{R_1}^2 y_{R_1} & x_{R_1} y_{R_1}^2 & y_{R_1}^3 \\ 1 & x_{R_2} & y_{R_2} & x_{R_2}^2 & x_{R_2} y_{R_2} & y_{R_2}^2 & x_{R_2}^3 & x_{R_2}^2 y_{R_2} & x_{R_2} y_{R_2}^2 & y_{R_2}^3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{R_n} & y_{R_n} & x_{R_n}^2 & x_{R_n} y_{R_n} & y_{R_n}^2 & x_{R_n}^3 & x_{R_n}^2 y_{R_n} & x_{R_n} y_{R_n}^2 & y_{R_n}^3 \end{bmatrix},$$

$$X_D = \begin{bmatrix} x_{D_1} \\ x_{D_2} \\ \vdots \\ x_{D_n} \end{bmatrix}, \quad Y_D = \begin{bmatrix} y_{D_1} \\ y_{D_2} \\ \vdots \\ y_{D_n} \end{bmatrix}. \quad (27)$$

Korekta zniekształceń z wykorzystaniem transformacji geometrycznych

Zaprezentowane transformacje geometryczne pozwalają na przekształcanie obrazu z jednego układu współrzędnych w drugi. Proces ten wykorzystywany jest w celu korekty zniekształceń formularzy OMR. W zależności od sposobu akwizycji obrazu stosowane jest jedno z opisanych rozwiązań. Obrazy otrzymane z wykorzystaniem skanera zwykle nie posiadają zniekształceń soczewkowych i perspektywicznych. W takich przypadkach wystarczy zastosować przekształcenie afiniczne, które wymaga dostarczenia tylko trzech punktów referencyjnych i odpowiadających im punktów hipotetycznych. Znajdujemy je wykorzystując do tego wcześniej zdefiniowane i odnalezio-

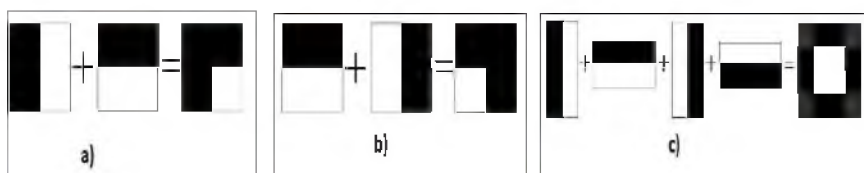
ne na obrazie markery. W większości przypadków, gdy do akwizycji obrazów wykorzystany jest aparat fotograficzny lub kamera dobrze sprawdzi się transformata dwuliniowa. Aby ją zastosować potrzeba już co najmniej czterech punktów referencyjnych i związanych z nimi punktów dopasowania.

W przypadku gdy zniekształcenia mogą pochodzić od nierównej powierzchni na której leży skanowany dokument lub jest to np. kartka w książce niezbędne jest zastosowanie transformaty wielomianowej. Po szeregu doświadczeń mających na celu dobór odpowiedniej transformacji geometrycznej okazało się, że najlepsze rezultaty przynosi zastosowanie transformacji wielomianowej drugiego stopnia. W tym przypadku rozbieżności pomiędzy punktami referencyjnymi i hipotetycznymi (których musi być co najmniej sześć) okazały się być najmniejsze.

Analiza obrazu, lokalizacja markerów i pól wyboru

W celu szybkiego i niezawodnego wyszukiwania markerów oraz pól wyboru w postaci tzw. *checkboxów* zastosowano proste cechy typu Haara [6] bazujące na różnicy sumy jasności z odpowiednio dobranych obszarów (rozróżnianych poglądowo poprzez zaznaczenie kolorem czarnym albo białym). Jeśli różnica ta przekroczy pewien, doświadczalnie dobrany próg mówi się, że cecha ma wartość 1 (w przeciwnym razie 0). Na rysunku 31a, b, c zamieszczono zestawy prostych cech typu Haara, które sprawdziły się przy wyszukiwaniu odpowiednich kształtów na potrzeby silnika OMR. Efektywne zastosowanie tych cech było możliwe dzięki utworzonym wcześniej obrazom pomocniczym typu *integral image*. Ich zastosowanie polega na przejściu po kolejnych pikselach badanego obrazu, obliczeniu wartości poszczególnych zestawów cech w jego sąsiedztwie i stwierdzeniu w jakim stopniu cechy te „sprawdziły się” w tym miejscu.

Znalezione obszary pól wyboru należy następnie poddać analizie celem stwierdzenia czy np. dany *checkbox* został zakreślony przez użytkownika czy też nie. Realizuje się to zwykle poprzez analizę punktów obrazu leżących wewnątrz *checkbox-a* i statystykę ilości czarnych pikseli w danym obszarze w porównaniu z obrazem wzorcowym.



Rys. 31. a) cechy typu Haara pozwalające na detekcję lewego górnego markera; b) prawego dolnego; c) pól wyboru w postaci *check-boxów*.

Źródło: opracowanie własne.

Korekta wyników

W przypadkach wątpliwych wyniki rozpoznawania formularzy mogą być poddawane korekcie. Prezentowany system posiada moduł tzw. „klienta korekty” który tworzony jest automatycznie na podstawie obszarów zaznaczanych w trakcie definiowania formularza (rys. 19 b). Pola edycyjne modułu klienta korekty powiązane z polami wyboru są automatycznie weryfikowane pod względem zawartych w nich treści co zapobiega wprowadzeniu przypadkowych, niepożądanych znaków.

Podsumowanie

Kompletny opis realizacji systemu OMR wybiega znacznie poza ramy tego rozdziału, niemniej jednak autorzy starali się opisać najważniejsze etapy jego budowy. Zaproponowane metody ze względu na ich stopień zaawansowania wykorzystać można do realizacji profesjonalnego systemu OMR, charakteryzującego się zarówno dużą precyzją, jak i efektywnością obliczeniową. Efektywność ta jest ważnym aspektem w kontekście implementacji zaproponowanych metod na urządzenia mobilne. Właśnie z myślą o takich urządzeniach, należy spodziewać się coraz intensywniejszego ich wykorzystania w najbliższej przyszłości. Pozwalają one bowiem zarówno na łatwą i powszechną metodę akwizycji obrazu, jak i jego obróbkę i integrację danych z istniejącymi systemami. Tak przygotowane oprogramowanie pozwala na przygotowanie i przeprowadzenie wszelkiego rodzaju ankiet, testów czy kwestionariuszy w sposób szybki i przy użyciu powszechnie dostępnych czynników optycznych. Okazuje się, że techniki OMR sprawdzają się dobrze w przypadku akwizycji danych, a czasami są wręcz niezbędne lub wymagane.

Literatura

- [1] Otsu N., *A threshold selection method from gray-level histograms*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 9(1):62–66, 1979.
- [2] Niblack W., *An Introduction to Digital Image Processing*, Prentice Hall, New Jersey 1986.
- [3] Sauvola J., Pietaksinen M., *Adaptive document image binarization*, Pattern Recogn. 33, 225–236, 2000.
- [4] Gąciarz T., *Fast Adaptive Binarization for Camera-based Document Images*, Proceedings of International Conference on Artificial Intelligence, IIS Kraków 2009.
- [5] Crow F., *Summed-area tables for texture mapping*, In Proceedings of SIGGRAPH, 18(3):207–212, 1984.
- [6] Viola P., Jones M.J., *Robust real-time face detection*, Int. Journal of Computer Vision 2004, 57(2), s. 137–154.
- [7] Shafait F., Keysers D., Breuel T.M., *Efficient Implementation of Local Adaptive Thresholding Techniques Using Integral Images*, Document Recognition and Retrieval XV, San Jose, CA 2008, s. 26–31.

Model optymalizacyjny dystrybucji wody z systemu połączonych zbiorników retencyjnych, przy ustalonym czasie trwania optymalizacji

Wojciech Z. Chmielowski

Streszczenie

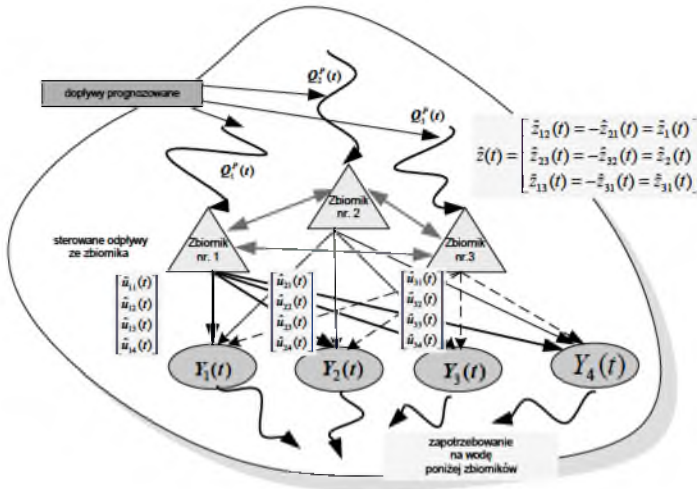
Rozdział zawiera sformułowanie i rozwiązanie problemu optymalizacyjnego dotyczącego sterowania odpływami z systemu zbiorników retencyjnych które zaopatrują w wodę określony zbiór odbiorców. W systemie dopuszczono możliwość przerzutów wody między zbiornikami systemu. W ustalonym horyzoncie optymalizacji przyjęte zostały sztywne warunki początkowe i warunki końcowe na trajektoriach stanów.

Wstęp

Krokiem w kierunku zapisu i analizy sterowania systemem wodno-gospodarczym o uogólnionej strukturze połączeń między elementami systemu, będzie prześledzenie rozwiązania w systemie o powiązanej strukturze i określonej ilości elementów zarówno w odniesieniu do zbiorników jak również do odbiorców wody z systemu, przy uwzględnieniu następujących warunków na trajektoriach stanów zbiorników

LWU	lewe warunki na trajektoriach ustalone,
PWU	prawe warunki na trajektoriach ustalone,
CU	czas optymalizacji ustalony.

Rysunek 32 przedstawia przykładowy systemem trzech połączonych ze sobą zbiorników które wzajemnie dostarczają wodę do niezależnych odbiorców. Warunki końcowe na trajektoriach stanów zbiorników są ustalone. Oznacza to, że po okresie optymalizacji T stany zbiorników mają odpowiadać z góry ustalonym wartością.



Rys. 32. Rozpatrywany system wodno-gospodarczy.

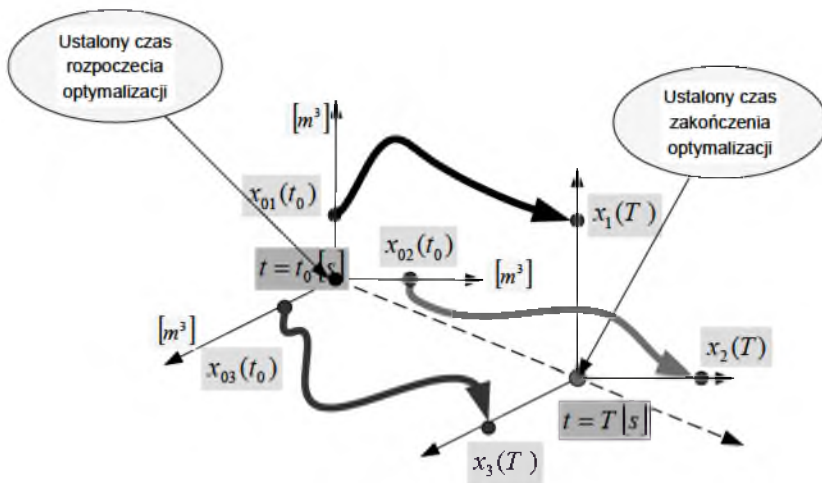
Dla wektora prognozowanych dopływów do zbiorników, zadanie optymalizacji sformułowane wskaźnikiem (1) sprowadza się do wyznaczenia wektora sterowań (odpływów ze zbiorników)

$$\hat{\mathbf{u}}(t)_{(+)}, \forall t \in [t_0, T] \quad (28)$$

który w minimalny sposób odbiegać będzie od wektora, którego elementami są częściowe zapotrzebowania na wodę przypadające na zbiorniki systemu

$$\mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{Y}(t) \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{I}, \forall t \in [t_0, T] \quad (28)$$

zrealizowania powyższego celu przy minimalnych kosztach przerzutów międzyzbiornikowych, uzyskanie (na koniec horyzontu optymalizacji T), wektora wypełnień zbiorników $\hat{\mathbf{x}}(T)$ spełniającego wymagane wartości.



Rys. 33. Czas rozpoczęcia i zakończenia optymalizacji.

Zbiorniki dostarczają wodę jednocześnie do czterech odbiorców, zatem do dalszego opisu systemu koniecznym jest wprowadzenie funkcji zaangażowania zbiorników w realizację funkcji zapotrzebowania na wodę

$$Y_j(t), j = 1, \dots, 4, \forall t \in [t_0, T] \quad (29)$$

dokonyjących rozdziału (dla każdej chwili czasu) funkcji $Y_j(t)$ między zbiorniki systemu:

$$Y_j(t) - \sum_{i=1}^4 b_{i,j}(t) \cdot Y_i(t) = 0, \quad j = 1, \dots, 4 \quad \forall t \in [t_0, T] \quad (30)$$

Czas optymalizacji ustalony (CU)

Trajektorie optymalne stanu zbiorników i odpływu ze zbiorników (sterownia) zostaną wyznaczone poprzez rozwiązanie następującego zadania optymalizacji dynamicznej, którego koniecznymi elementami są:

Wskaźnik jakości (problem Lagrange'a)

$$F = 0,5 \cdot \int_{t_0}^T \left\{ \left[\mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{Y}(t) \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{I} - \mathbf{u}(t) \right]_{(+)}^T \cdot \mathbf{A}_1 \cdot \left[\mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{Y}(t) \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{I} - \mathbf{u}(t) \right]_{(+)} + \mathbf{z}^T(t) \cdot \mathbf{A}_2 \cdot \mathbf{z}(t) \right\} dt \quad (31)$$

W równaniu (31) w odniesieniu do rys. 1 przyjęto następujące oznaczenia

$$\mathbf{B}(t) = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11}(t) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{12}(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{13}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_{14}(t) \end{bmatrix} & 0 & 0 \\ 0 & \begin{bmatrix} b_{21}(t) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{22}(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{23}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_{24}(t) \end{bmatrix} & 0 \\ 0 & 0 & \begin{bmatrix} b_{31}(t) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{32}(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{33}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_{34}(t) \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad (32)$$

Macierz $\mathbf{B}(t)$ jest diagonalną macierzą blokową o wyrazach będących macierzami diagonalnymi, których elementami są funkcje zaangażowania zbiorników $i = 1, \dots, 3$ w realizację funkcji zapotrzebowań

$$Y_j(t), j = 1, \dots, 4 [m^3/s] \quad (33)$$

Macierz $\mathbf{Y}(t)$ jest diagonalną macierzą blokową o wyrazach będących macierzami diagonalnymi, których elementami są obowiązujące w systemie funkcje zapotrzebowania

$$Y_j(t), j = 1, \dots, 4 [m^3/s] \quad (34)$$

$$Y(t) = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_1(t) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Y_2(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Y_3(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Y_4(t) \end{bmatrix} & 0 & 0 \\ 0 & \begin{bmatrix} Y_1(t) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Y_2(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Y_3(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Y_4(t) \end{bmatrix} & 0 \\ 0 & 0 & \begin{bmatrix} Y_1(t) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Y_2(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Y_3(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Y_4(t) \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad (35)$$

Wektor sterowań (sterowanych odpływów ze zbiorników) to blokowy wektor którego elementami są wektory a tych elementami są odpływy ze zbiorników $i = 1, \dots, 3$ do aglomeracji $j = 1, \dots, 4$

$$u^T(t) = [u_{11}(t) \ u_{12}(t) \ u_{13}(t) \ u_{14}(t)] \ [u_{21}(t) \ u_{22}(t) \ u_{23}(t) \ u_{24}(t)] \ [u_{31}(t) \ u_{32}(t) \ u_{33}(t) \ u_{34}(t)] \quad (36)$$

Następnie macierz A_1 jest dodatnio określoną blokową o wyrazach na diagonalu będących również macierzami diagonalnymi, których elementami są współczynniki wag związane z odpowiednimi elementami wektora sterowań.

$$A_1 = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 & & & \\ & a_1 & & \\ & & a_1 & \\ & & & a_1 \end{bmatrix} & 0 & 0 \\ 0 & \begin{bmatrix} a_1 & & & \\ & a_1 & & \\ & & a_1 & \\ & & & a_1 \end{bmatrix} & 0 \\ 0 & 0 & \begin{bmatrix} a_1 & & & \\ & a_1 & & \\ & & a_1 & \\ & & & a_1 \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad (37)$$

W dalszej kolejności dodatnio określona diagonalna macierz

$$\mathbf{A}_2 = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{bmatrix} \quad (38)$$

której elementami są współczynniki wag powiązane z podcałkową częścią wskaźnika jakości (1) odpowiadające kosztom przerzutów wody między zbiornikami, np. a_{11} dotyczy kosztu przerzutu $z_1(t)$, tzn. ze zbiornika 1 do zbiornika 2 lub odwrotnie itp. Takie ujęcie problemu w odniesieniu do macierzy \mathbf{A}_2 , jest dużym uproszczeniem, bowiem w ogólnym przypadku koszt przerzutu np. ze zbiornika nr 1 do zbiornika nr 2 niekoniecznie musi odpowiadać kosztowi przerzutu wody ze zbiornika nr 2 do zbiornika nr 1 (przepływ grawitacyjny a pompowanie: $a_{11}^{zb1 \rightarrow zb2} \neq a_{11}^{zb1 \leftarrow zb2}$).

Następnie wektor jednostkowy

$$\mathbf{I}^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (39)$$

oraz wektor przerzutów międzyzbiornikowych

$$\mathbf{z}(t)^T = \begin{bmatrix} z_1(t)^{zb1 \rightarrow zb2} & z_2(t)^{zb2 \rightarrow zb3} & z_3(t)^{zb3 \rightarrow zb1} \end{bmatrix} \quad (40)$$

Równanie stanu zbiorników

Przyjęto uproszczone bilansowe równanie stanu systemu (stanu zbiorników),

$$f : \dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{Q}^P(t) - \mathbf{S}_1 \cdot \mathbf{u}(t) + \mathbf{S}_2 \cdot \mathbf{z}(t) \quad (41)$$

$$\mathbf{x}(T)^T = \begin{bmatrix} x_1(T) & x_2(T) & x_3(T) \end{bmatrix} \quad (42)$$

$$\mathbf{x}(T)^T = \begin{bmatrix} x_1(T) & x_2(T) & x_3(T) \end{bmatrix} \quad (43)$$

W równaniu stanu (2) przyjęto następujące oznaczenia

$$\dot{\mathbf{x}}(t)^T = \begin{bmatrix} dx_1/dt & dx_2/dt & dx_3/dt \end{bmatrix} \quad (44)$$

wektor pochodnych stanów zbiorników: $[m^3/s]$,

$$\mathcal{Q}(t)^T = [\mathcal{Q}_1(t) \quad \mathcal{Q}_2(t) \quad \mathcal{Q}_3(t)] \quad (45)$$

wektor prognozowanych dopływów do zbiorników: $[m^3/s]$,

$$\mathbf{x}_0(t_0)^T = [x_{01}(t_0) \quad x_{02}(t_0) \quad x_{03}(t_0)] \quad (46)$$

wektor ustalonych początkowych wypełnień zbiorników: $[m^3]$,

$$\mathbf{x}(T)^T = [x_1(T) \quad x_2(T) \quad x_3(T)] \quad (47)$$

wektor ustalonych końcowych wypełnień zbiorników: $[m^3]$,

t_0 ustalony czas rozpoczęcia optymalizacji,

T ustalony czas zakończenia optymalizacji,

$$\mathbf{S}_1 = \begin{bmatrix} [1 & 1 & 1 & 1] & 0 & 0 \\ 0 & [1 & 1 & 1 & 1] & 0 \\ 0 & 0 & [1 & 1 & 1 & 1] \end{bmatrix} \quad (48)$$

\mathbf{S}_1 to diagonalna macierz strukturalna konieczna do zapisania struktury systemu i równania stanu systemu.

$$\mathbf{S}_2 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (49)$$

macierz strukturalna konieczna do zapisania w równaniu stanu systemu powiązania między zbiornikami w odniesieniu do przerzutów między zbiornikowych,

Macierz \mathbf{S} to strukturalna macierz powstała w wyniku działania

$$\mathbf{S} = (\mathbf{S}_1^T \cdot \mathbf{S}_1) * \mathbf{I}, \quad (50)$$

(znak $*$, mnożenie tablicowe).

Rozwiązanie zadania optymalizacji

Funkcja Hamiltona dla układu równań (49), (50), przyjmuje postać:

$$H = -f_0 + \boldsymbol{\eta}^T \cdot \mathbf{f}$$

$$H = -0,5 \cdot \left\{ \left[\mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{Y}(t) \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{I} - \mathbf{u}(t) \right]_{(+)}^T \cdot \left[\mathbf{A}_1 \cdot \left[\mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{Y}(t) \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{I} - \mathbf{u}(t) \right]_{(+)} + \mathbf{z}^T(t) \cdot \mathbf{A}_2 \cdot \mathbf{z}(t) \right] + \boldsymbol{\eta}(t)^T \cdot \left[\mathbf{Q}^P(t) - \mathbf{S}_1 \cdot \mathbf{u}(t) + \mathbf{S}_2 \cdot \mathbf{z}(t) \right] \right\} \quad (51)$$

gdzie: f_0 – funkcja podcałkowa wskaźnika (1),
 f – równanie stanu zbiornika (2),
 $\boldsymbol{\eta}(t)$ – zmienna sprzężona, wektor $[3 \times 1]$.

Układ równań dla funkcji Hamiltona w postaci (51) przedstawiono w punktach A–D:

A.

$$\left[(\nabla_u H)_{\hat{u}, \hat{x}, \hat{\eta}} \right]^T = \mathbf{0} \quad \hat{\mathbf{u}}(t)_{(+)} = \mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{Y}(t) \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{I} - \mathbf{A}_1^{-1} \cdot \mathbf{S}_1 \quad (52)$$

B.

$$\left[(\nabla_z H)_{\hat{u}, \hat{x}, \hat{\eta}} \right]^T = \mathbf{0} \quad \hat{\mathbf{z}}(t) = \mathbf{A}_2^{-1} \cdot \mathbf{S}_2^T \cdot \hat{\boldsymbol{\eta}}(t) \quad (53)$$

C.

$$\left[(\nabla_{\boldsymbol{\eta}} H)_{\hat{u}, \hat{x}} \right]^T = \dot{\hat{\mathbf{x}}}(t) \quad \dot{\hat{\mathbf{x}}}(t) = \mathbf{Q}^P(t) - \mathbf{S}_1 \cdot \hat{\mathbf{u}}(t)_{(+)} + \mathbf{S}_2 \cdot \hat{\mathbf{z}}(t) \quad (54)$$

D.

$$\left[-(\nabla_x H)_{\hat{u}, \hat{x}, \hat{\eta}} \right]^T = \dot{\hat{\boldsymbol{\eta}}}(t) \quad \dot{\hat{\boldsymbol{\eta}}}(t) = \mathbf{0}_{(3 \times 1)} \quad (55)$$

$$\text{Z równania (9) wynika:} \quad \hat{\boldsymbol{\eta}}(t) = \mathbf{C}_1 \quad (56)$$

Po scałkowaniu równania (8) otrzymuje się równanie opisujące ogólną postać wektora trajektorii stanu:

$$\hat{\mathbf{x}}(t) = \int_{t_0}^t \left[\mathbf{Q}^P(\xi) - \mathbf{S}_1 \cdot \hat{\mathbf{u}}(\xi)_{(+)} + \mathbf{S}_2 \cdot \hat{\mathbf{z}}(t) \right] d\xi + \mathbf{C}_2 \quad (57)$$

Podstawiamy wyrażenie (10) do równania (6) a wówczas wektor sterowań wyraża się równaniem:

$$\hat{\mathbf{u}}(t)_{(+)} = \mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{Y}(t) \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{I} - \mathbf{A}_1^{-1} \cdot \mathbf{S}_1^T \cdot \mathbf{C}_1 \quad (58)$$

Podstawiamy wyrażenie (10) do równania (7) a wówczas wektor sterowanych przerzutów międzyzbiornikowych wyraża się równaniem:

$$\hat{\mathbf{z}}(t) = \mathbf{A}_2^{-1} \cdot \mathbf{S}_2^T \cdot \mathbf{C}_1 \quad (59)$$

Następnie dążymy do wyznaczenia wektora stanów. Podstawiamy (58) i (57) do (56) otrzymując tym samym

$$\hat{\mathbf{x}}(t) = \int_{t_0}^t \left\{ \mathbf{Q}^p(\xi) - \left[\mathbf{S}_1 \cdot \left[\mathbf{B}(\xi) \cdot \mathbf{Y}(\xi) \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{I} - \mathbf{A}_1^{-1} \cdot \mathbf{S}_1^T \cdot \mathbf{C}_1 \right] \right] + \right. \\ \left. + \mathbf{S}_2 \cdot \left[\mathbf{A}_2^{-1} \cdot \mathbf{S}_2^T \cdot \mathbf{C}_1 \right] \right\} d\xi + \mathbf{C}_2 \quad (60)$$

$$t = t_0, \quad \Rightarrow \quad \mathbf{C}_2 = \mathbf{x}(t_0) \quad (61)$$

Po przegrupowaniu i po dokonaniu całkowania składnika stałego w czasie, oraz dla $t = T$, wektor trajektorii stanu przyjmuje postać:

$$\mathbf{x}(T) = \int_{t_0}^T \left\{ \mathbf{Q}^p(\xi) - \mathbf{S}_1 \cdot \left[\mathbf{B}(\xi) \cdot \mathbf{Y}(\xi) \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{I} \right] \right\} d\xi + \\ + \left(\mathbf{S}_1 \cdot \mathbf{A}_1^{-1} \cdot \mathbf{S}_1^T + \mathbf{S}_2 \cdot \mathbf{A}_2^{-1} \cdot \mathbf{S}_2^T \right) \cdot \mathbf{C}_1 \cdot (T - t_0) + \mathbf{x}(t_0) \quad (62)$$

Z równania (16) wyliczamy wektor stałych \mathbf{C}_1

$$\mathbf{C}_1 = \left[\left(\mathbf{S}_1 \cdot \mathbf{A}_1^{-1} \cdot \mathbf{S}_1^T + \mathbf{S}_2 \cdot \mathbf{A}_2^{-1} \cdot \mathbf{S}_2^T \right) \cdot (T - t_0) \right]^{-1} \cdot \\ \left\{ \mathbf{x}(T) - \mathbf{x}(t_0) - \int_{t_0}^T \left[\mathbf{Q}^p(t) - \mathbf{S}_1 \cdot \mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{Y}(t) \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{I} \right] dt \right\} \quad (63)$$

Dalsze rozwiązanie nie przedstawia większych trudności

- podstawiamy (59) do (55), następnie wynik do (53) i (52) otrzymując tym samym wektor sterowań optymalnych $\hat{\mathbf{u}}(t)_{(+)}$, oraz wektor przerzutów międzyzbiornikowych $\hat{\mathbf{z}}(t)$

- podstawiamy $\hat{\mathbf{u}}(t)_{(+)}$ oraz $\hat{\mathbf{z}}(t)$ do (16) uzyskujemy wektor optymalnych trajektorii stanów $\hat{\mathbf{x}}(t)$,
- minimalną wartość wskaźnika jakości otrzymamy podstawiając $\hat{\mathbf{u}}(t)_{(+)}$ oraz $\hat{\mathbf{z}}(t)$ do (1).

Hipotetyczny scenariusz zdarzeń. Przykład 1.

- Przyjmujemy następujące proste założenia:
- początkowe stany zbiorników $\mathbf{x}_0^T = [10 \ 20 \ 30] \text{m}^3$
- końcowe stany zbiorników $\mathbf{x}(T)^T = [30 \ 100 \ 60] \text{m}^3$
- dopływy do zbiorników $\mathbf{Q}(t)^T = [(t+1) \ (15-t) \ 8] \text{m}^3/\text{s}$
- zapotrzebowanie na wodę poniżej zbiorników

$$\mathbf{Y}(t) = \begin{bmatrix} [*] & 0 & 0 \\ 0 & [*] & 0 \\ 0 & 0 & [*] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{m}^3/\text{s} \end{bmatrix}, \quad [*] = \begin{bmatrix} 2(t) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4(t) + 0.2t \end{bmatrix}$$

- funkcje zaangażowania zbiorników w realizację funkcji zapotrzebowania

$$\mathbf{B}(t) = \begin{bmatrix} [*_1] & 0 & 0 \\ 0 & [*_2] & 0 \\ 0 & 0 & [*_3] \end{bmatrix}, \quad [*_1] = \begin{bmatrix} 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3 \end{bmatrix} \cdot (t)$$

$$[*_2] = \begin{bmatrix} 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1 \end{bmatrix} \cdot (t) \quad [*_3] = \begin{bmatrix} 0.6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.6 \end{bmatrix} \cdot (t)$$

- macierze współczynników wag

$$\mathbf{A}_1 = \begin{bmatrix} [*] & 0 & 0 \\ 0 & [*] & 0 \\ 0 & 0 & [*] \end{bmatrix}, \quad [*] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{A}_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- macierz strukturalna \mathbf{S}_1

$$\mathbf{S}_1 = \begin{bmatrix} [*] & 0 & 0 \\ 0 & [*] & 0 \\ 0 & 0 & [*] \end{bmatrix} \quad [*] = [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1]$$

- macierz strukturalna \mathbf{S}_2

$$\mathbf{S}_2 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

- czas początkowy $t_0 = 0[s]$, jednakowy dla wszystkich zbiorników,
- czas końcowy $T = 10[s]$, jednakowy dla wszystkich zbiorników.

Rozwiązanie

$$\text{wg (17)} \quad \mathbf{C}_1^T = [0,2066 \quad 0,1497 \quad 0,3927],$$

$$\text{wg (12)} \quad \hat{\mathbf{u}}(t)_{(+)} = \mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{Y}(t) \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{I} - \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{S}_1^T \cdot \hat{\boldsymbol{\eta}}(t)$$

$$\hat{\mathbf{u}}(t)_{(+)} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.4 \\ 1.2 \\ 1.6 \\ 1.2 + 0.06t \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 0.4 \\ 0.6 \\ 0.8 \\ 0.4 + 0.02t \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 1.2 \\ 1.2 \\ 1.6 \\ 2.4 + 0.12t \end{bmatrix} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2066 \\ 0,2066 \\ 0,2066 \\ 0,2066 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 0,1497 \\ 0,1497 \\ 0,1497 \\ 0,1497 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 0,3927 \\ 0,3927 \\ 0,3927 \\ 0,3927 \end{bmatrix} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.1934 \\ 0.9934 \\ 1.393 \\ 0.9934 + 0.06t \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 0,2503 \\ 0,4503 \\ 0,6503 \\ 0,2503 + 0.02t \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 0.8073 \\ 0.8073 \\ 1.2070 \\ 2,0073 + 0.12t \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$\hat{\mathbf{z}}(t) = \mathbf{A}_2^{-1} \cdot \mathbf{S}_2^T \cdot \mathbf{C}_1$$

$$\hat{\mathbf{z}}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,2066 \\ 0,1497 \\ 0,3927 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0569 \\ 0,243 \\ -0,1861 \end{bmatrix}$$

Warto zauważyć, iż przerzut ze zbiornika nr 1 do zbiornika nr 2 na zwrot przeciwny do założonego tzn. iż faktycznie następuje przerzut ze zbiornika nr 2 do zbiornika nr 1.

Analogiczna sytuacja dotyczy przerzutu między zbiornikami nr 1 i 3.

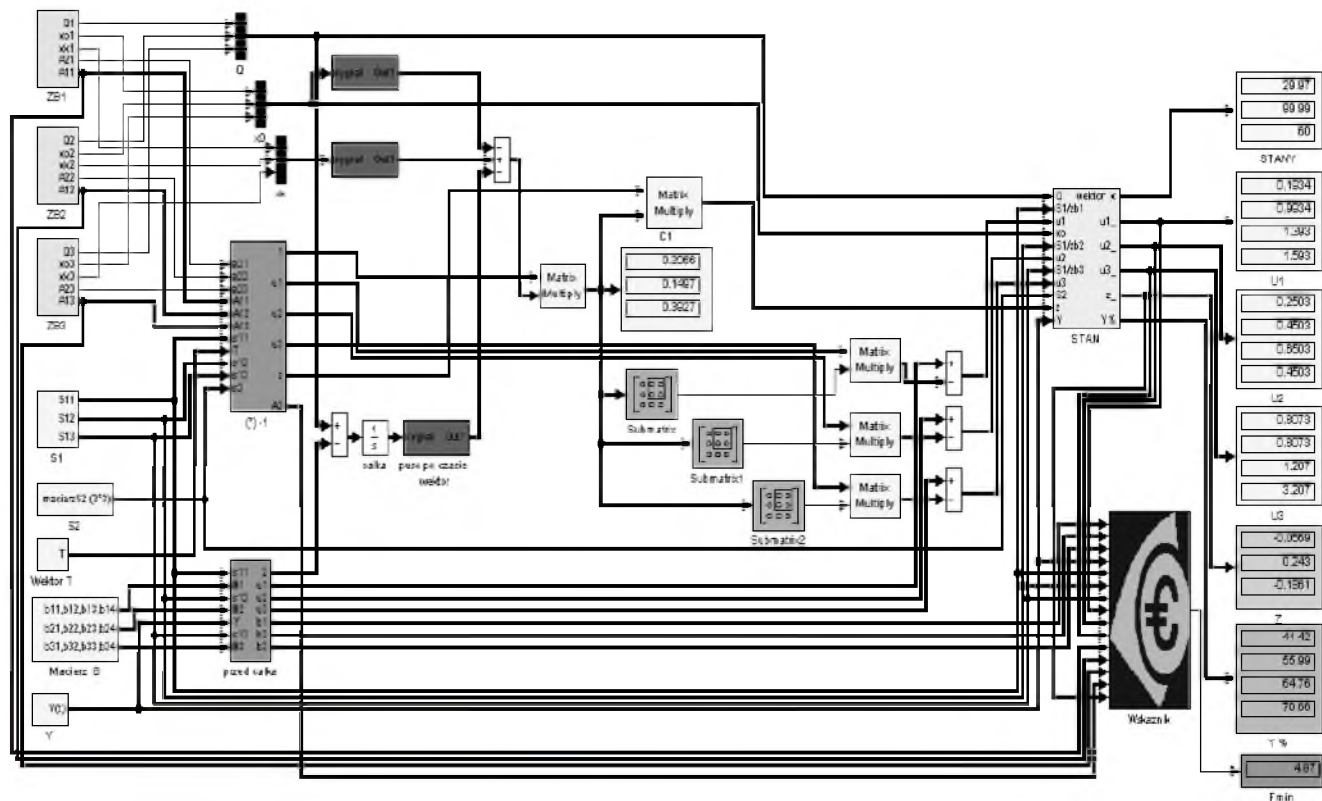
Wektor stanów zbiorników systemu wynosi:

$$\hat{\mathbf{x}}(t) = \begin{bmatrix} 10 \\ 20 \\ 30 \end{bmatrix} + \int_0^t \left\{ \begin{bmatrix} (t+1) \\ (15-t) \\ 8 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right\} \cdot \begin{bmatrix} 0.1934 \\ 0.9934 \\ 1.393 \\ 0.9934 + 0.06t \\ 0.2503 \\ 0.4503 \\ 0.6503 \\ 0.2503 + 0.02t \\ 0.8073 \\ 0.8073 \\ 1.2070 \\ 2.0073 + 0.12t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -0.0569 \\ 0.243 \\ -0.1861 \end{bmatrix} dt \Bigg\} = \begin{bmatrix} 30 \\ 100 \\ 60 \end{bmatrix}$$

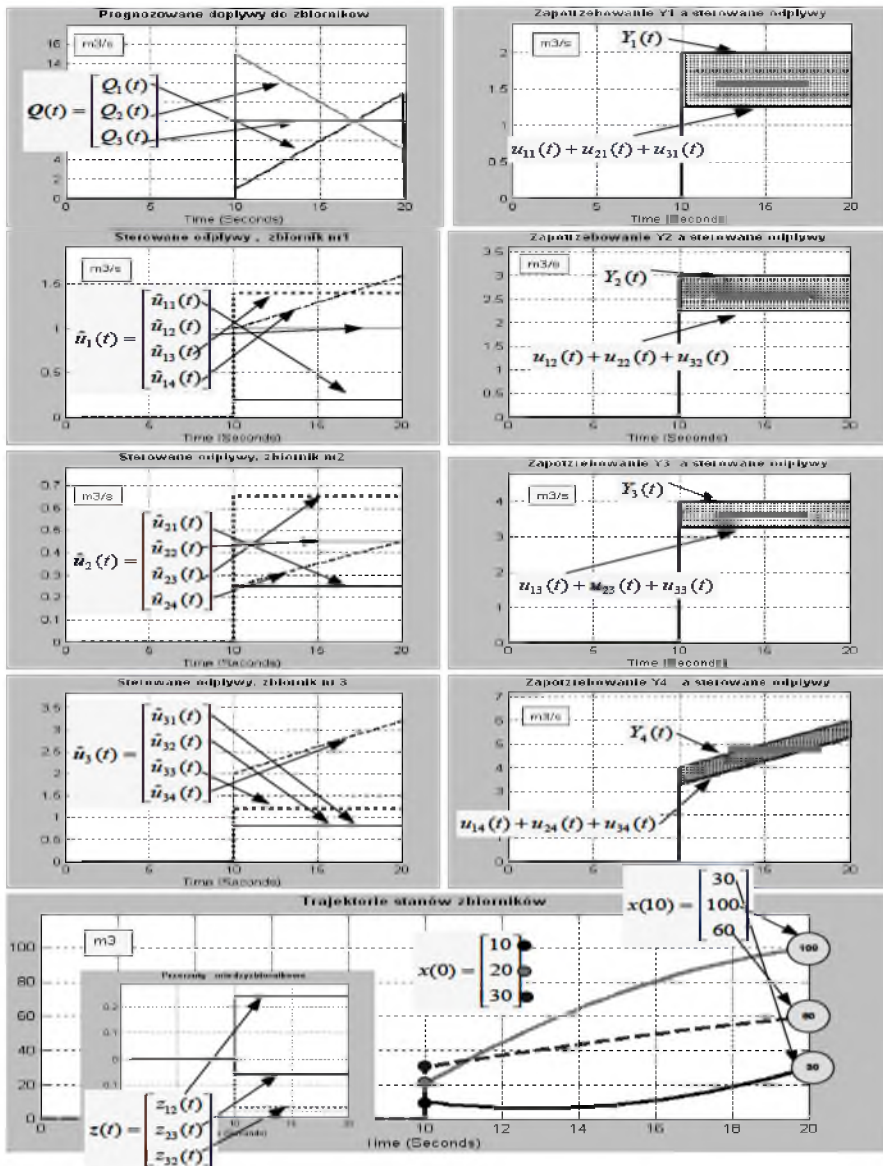
Wartość wskaźnika jakości dla przyjętych danych wejściowych równa jest $F_{\min} = 4,87$, natomiast procentowa realizacja wektora funkcji zapotrzebowania w rozpatrywanym interwale czasu $T = 10[s]$ wynosi odpowiednio:

$$\mathbf{Y}(\%)^T = [41,42\% \quad 55,99\% \quad 64,76 \quad 70,66\%].$$

Ilustracje graficzną przykładu przedstawiają wykresy (rys. 35) otrzymane w wyniku symulacji pracy systemu z zastosowaniem autorskiego programu zrealizowanego w środowisku Matlab/ Simulink (rys. 34).



Rys. 34. Schemat symulacji analogowo/cyfrowej (Matlab/Simulink).



Rys. 35. Wyniki symulacji dla hipotetycznego scenariusza zdarzeń.

Na rysunku (35) wykresy z lewej strony przedstawiają (od góry):

- wektor prognozowanych dopływów do zbiorników systemu,
- wektory sterowanych odpływów z poszczególnych zbiorników,
- wektor trajektorii stanów zbiorników.

Po prawej stronie (od góry) wykresy przedstawiają zestawienia odpływów z kolejnych zbiorników na korzyść kolejnych aglomeracji. Znakiem „-” zaznaczono deficyty wody w horyzoncie optymalizacji wynikające z faktu iż sumy odpływów z kolejnych zbiorników są mniejsze niż wymagane funkcje zapotrzebowania.

W konsekwencji wartość wskaźnika jakości wynosi jak podano powyżej. Zrealizowane zostały w 100% wymagania dotyczące wektora końcowych wartości trajektorii stanów systemu, który to warunek jest warunkiem koniecznym w odniesieniu do prezentowanego problemu.

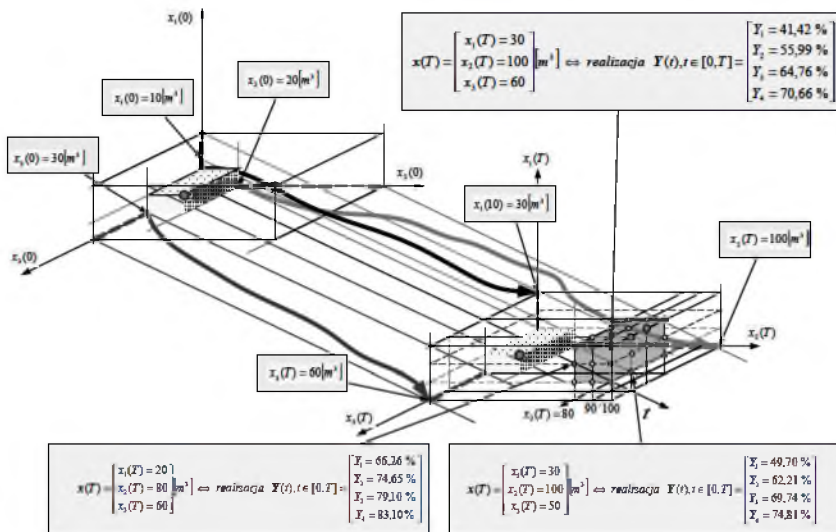
- Koniec przykładu.

Wspomaganie decyzji dyspozytorskich z wykorzystaniem rozwiązania wynikającego z „Rozwiązania zadania optymalizacji”.

Dysponując rozwiązaniem (60) i wynikającymi z niego wartościami sterowań (odpływów ze zbiorników, przerzutów międzyzbiornikowych), dyspozytor odpowiedzialny za pracę systemu wykorzystując program symulacyjny (rys. 34) łatwo może ocenić sytuację dotyczącą dystrybucji wody z systemu szczególnie w aspekcie realizacji przyjętych funkcji zapotrzebowania. Znając wektor wypełnień początkowych zbiorników systemu, wektor prognozowanych dopływów do zbiorników w wyniku wielokrotnych symulacji ze zmiennymi wartościami wektora stanów końcowych, możliwe jest uzyskanie informacji o procentowych realizacjach przyjętych (żądanych) funkcjach zapotrzebowania

$$Y_j(t) \quad j=1, \dots, 4, \forall t \in [t_0, T] \quad (64)$$

Obniżanie (zwiększanie) wartości stanów końcowych zbiorników powoduje zmniejszenie (zwiększenie) deficytu dystrybuowanej wody z systemu w odniesieniu do wartości żądanych. To bardzo cenna informacja która umożliwia dyspozytorowi wybranie takich wypełnień końcowych zbiorników przy których poziom deficytu wody w horyzoncie $t \in [t_0, T]$, będzie akceptowalny.



Rys. 36. Procentowa realizacja wektora funkcji zapotrzebowania wynikająca z realizacji warunków końcowych na trajektoriach stanów.

Hipotetyczny scenariusz zdarzeń. Przykład 2.

Przyjmujemy następujące założenia:

- początkowe stany zbiorników: $x^T_0 = [20 \ 30 \ 40] \text{ m}^3$
- końcowe stany zbiorników: $x^T(T) = [30 \ 50 \ 70] \text{ m}^3$
- dopływy do zbiorników: $Q(t)^T = [(t+3) \ (15-t) \ 4\sin(t) + 8] \text{ m}^3/\text{s}$
- zapotrzebowanie na wodę poniżej zbiorników

$$Y(t) = \begin{bmatrix} [*] & 0 & 0 \\ 0 & [*] & 0 \\ 0 & 0 & [*] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{m}^3/\text{s} \end{bmatrix}, \quad [*] = \begin{bmatrix} \cos(t) + 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,2 \cdot t + 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sin(t) + 6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -0,3 \cdot t + 8 \end{bmatrix}$$

- funkcje zaangażowania zbiorników w realizację funkcji zapotrzebowania

$$\mathbf{B}(t) = \begin{bmatrix} [*] & 0 & 0 \\ 0 & [*] & 0 \\ 0 & 0 & [*] \end{bmatrix}, \quad [*] = \begin{bmatrix} 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3 \end{bmatrix} \cdot (t)$$

$$[*] = \begin{bmatrix} 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1 \end{bmatrix} \cdot (t), \quad [*] = \begin{bmatrix} 0.6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.6 \end{bmatrix} \cdot (t)$$

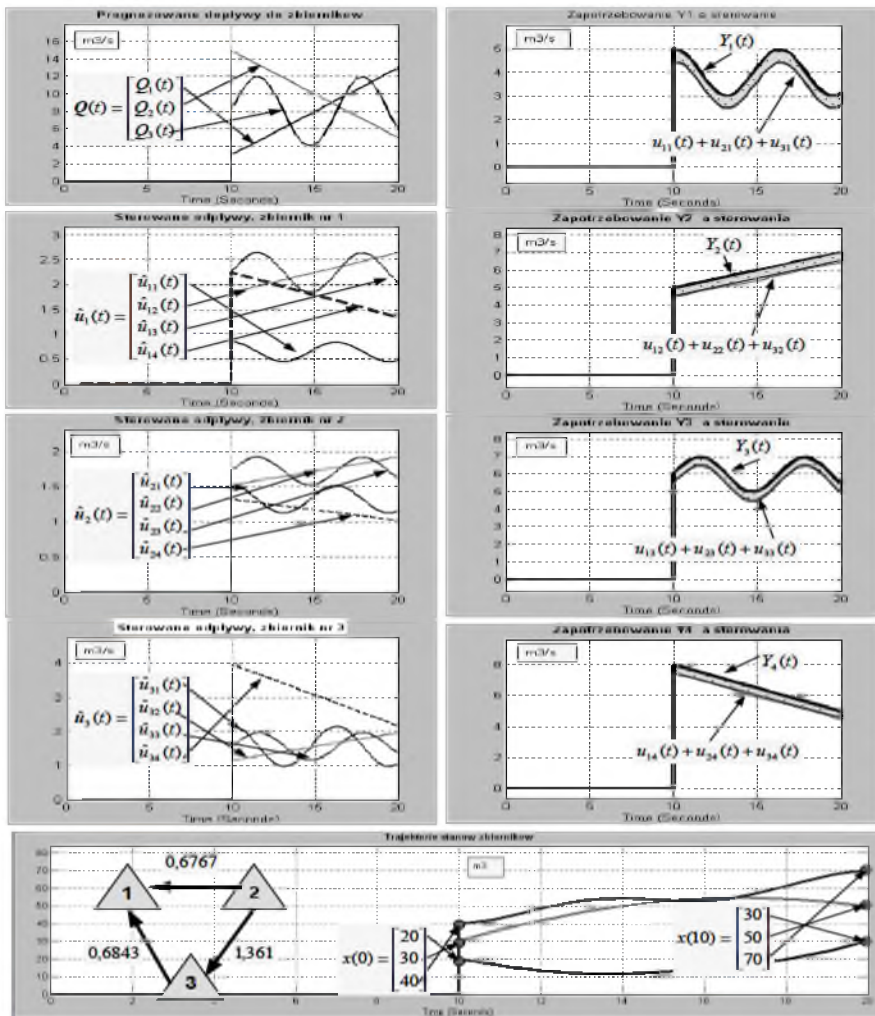
- macierze współczynników wag

$$\mathbf{A}_1 = \begin{bmatrix} [*] & 0 & 0 \\ 0 & [*] & 0 \\ 0 & 0 & [*] \end{bmatrix}, \quad [*] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{A}_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- macierz strukturalna $\mathbf{S}_1 = \begin{bmatrix} [*] & 0 & 0 \\ 0 & [*] & 0 \\ 0 & 0 & [*] \end{bmatrix} \quad [*] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

- macierz strukturalna $\mathbf{S}_2 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$

- czas początkowy $t_0 = 0[s]$, czas końcowy $T = 10[s]$.



Rys. 37. Wyniki symulacji dla parametrów ze scenariusza 2.

- Koniec przykładu.

Podsumowanie

W wyniku wielu dalszych symulacji, przeprowadzonych na systemach o różnej strukturze powiązań w odniesieniu zarówno do zbiorników i aglomeracji, jak też do przerzutów międzyzbiornikowych, można wyprowadzić następujące wnioski:

- możliwość uwzględnienia i zastosowania przerzutów międzyzbiornikowych wydatnie wpływa na pracę systemu połączonych zbiorników, głównie w aspekcie pozostawienia stanów końcowych zbiorników na wymaganych poziomach a osiągnięcie tych stanów zrealizowane nastąpi przy minimalnej wartości wskaźnika jakości [1];
- kooperacja systemu zbiorników w układzie bez przerzutów międzyzbiornikowych sprowadza się do pracy zbiorników, których jedynym wspólnym celem jest zrealizowanie potrzeb wodnych nałożonych na system. Żaden ze zbiorników, realizując przypadającą na niego część potrzeb wodnych systemu „nie widzi” pozostałych w systemie zbiorników. W niektórych przypadkach taka kooperacja może prowadzić do sytuacji, w której w ramach systemu współpracujących zbiorników, przy niekorzystnym, niskim dopływie prognozowanym i po czasie optymalizacji T , część zbiorników pozostanie z bardzo niskimi stanami końcowymi. Złagodzenie tego niekorzystnego efektu możliwe jest właśnie w wyniku uwzględnienia przerzutów międzyzbiornikowych, które zgodnie z warunkami zadania optymalizacji, będą tak dobrane (wartość, kierunek przerzutu), aby przy danym wektorze dopływów prognozowanych do systemu zbiorników zapewnić żądane stany końcowe zbiorników systemu.

Literatura

- [1] Chmielowski W., Uryga R., *Szczególna postać warunków brzegowych w sterowaniu optymalnym wielozbiornikowymi systemami wodnogospodarczymi*, „Czasopismo Techniczne PK” 2009, 1-Ś, s. 43–58.
- [2] Chmielowski W., *Czas obserwacji i różnorodność warunków brzegowych na trajektoriach stanów, jako elementy optymalnego sterowania odpływami z systemu zbiorników retencyjnych*, „Czasopismo Techniczne PK” 2005, 8-Ś.
- [3] Chmielowski W., *Ograniczenia stanu i sterowania jako element optymalizacji wielozbiornikowego systemu wodno-gospodarczego (część I)*, „Czasopismo Techniczne PK” 2005, 16-Ś.
- [4] Chmielowski W., *Ograniczenia stanu i sterowania jako element optymalizacji wielozbiornikowego systemu wodno-gospodarczego (część II)*, „Czasopismo Techniczne PK” 2005, 16-Ś.

- [5] Chmielowski W., *Zastosowania optymalizacji w gospodarce wodnej*, Wyd. Techniczne PK 2005.
- [6] Chmielowski W., *Optymalizacja pracy systemu zbiorników retencyjnych przy warunku konieczności zaspokojenia potrzeb*, „Czasopismo Techniczne PK” 2004, 8-Ś.
- [7] Findeisen W., Szymanowski J., Wierzbicki A., *Teoria i metody obliczeniowe optymalizacji*, Warszawa 1980.
- [8] Górecki H., *Optymalizacja systemów dynamicznych*, Warszawa 1993.
- [9] Lambor J., *Gospodarka wodna na zbiornikach retencyjnych*, Warszawa 1962.
- [10] Słota H., *Operacyjne sterowanie retencją wody w zbiornikach z uwzględnieniem stanów końcowych*, Mon.Kom.Gospodarki Wodnej PAN, z. 7, 1995.

Algorytmy ewolucyjne w optymalizacji parametrów modelu symulacyjnego procesu krzepnięcia metali*

*Agnieszka Smolarek-Grzyb, Dorota Wilk-Kołodziejczyk,
Renata Uryga*

Streszczenie

Metoda elementów skończonych (MES) znajduje obecnie liczne zastosowania w symulacji procesów cieplnych. Wciąż jednak nierozwiązalnym pozostaje problem doboru niektórych współczynników modeli matematycznych tych procesów. Przy modelowaniu stygnięcia odlewów w formie szczególne trudności powstają przy wyznaczeniu wartości licznych parametrów, np.: współczynnik transportu ciepła pomiędzy metalem a formą, ciepło właściwe, współczynnik przewodnictwa cieplnego metalu i formy, gęstość metalu i formy. Współczynniki te zależą nie tylko od właściwości materiałów, lecz również od temperatury. W rozdziale zaproponowano metodę optymalizacji wartości parametrów modelu opartą na adaptacyjnym dostosowaniu krzywej stanowiącej wynik symulacji do przebiegu uzyskanego w eksperymencie fizycznym z zastosowaniem algorytmu ewolucyjnego. Wstępne wyniki obliczeń zostały zrealizowane przy wykorzystaniu systemu ABAQUS dostępnego w ACK Cyfronet Kraków.

Wstęp

Dążenie do zwiększenia konkurencyjności wyrobów metalowych wymaga podjęcia działań modernizacyjnych zmierzających do podnoszenia jakości wytwarzanych wyrobów, przy równoczesnym obniżeniu kosztów produkcji. W przemyśle odlewniczym dążenia te sprowadzają się głównie do zapewnienia wymaganych własności fizycznych materiałów oraz ograniczenie powstawania wad odlewniczych. Nawet przy skrupulatnym stosowaniu norm i procedur spełnienie tych wymagań jest dość trudne. Trudności te wiążą się między innymi z dużą różnorodnością stosowanych technologii i materiałów jak i ze specyfikacją konkretnych odlewów. Eksperymenty fizyczne w swej złożoności są dość kosztowne i żmudne, przez co na szerszą skalę nie mogą być realizowane w rzeczywistych warunkach produkcyjnych. W wyniku tej trudności konstruuje się modele matematyczne procesów termofizycznych zachodzących w odlewach opierających się na metodzie

* Praca realizowana w ramach grantu o numerze 18.25.110.695.

elementów skończonych (MES). Proces projektowania technologii wytwarzania odlewu może być istotnie rozszerzony, unowocześniony i ulepszony poprzez wykorzystanie możliwości, jakie stwarza wprowadzenie metod numerycznych do obliczeń krzepnięcia i stygnięcia metalu w formie.

Pomimo tych metod pozostaje problem zapewnienia pożądanej zgodności wyników symulacji. Złożone procesy fizyczne zachodzące na styku metalu z formą powodują, że tabelaryczne wartości współczynników mogą znacząco odbiegać od wartości rzeczywistych. Brak wystarczająco dokładnych danych o wartościach odnośnych współczynników, utrudnia a czasem uniemożliwia efektywne wykorzystanie modeli matematycznych procesu stygnięcia i krzepnięcia metalu, a w konsekwencji uzyskanie odlewu o porządnym własnościach staje się mało realne [1].

Ze względu na złożoność problemu, modelowanie numeryczne zjawisk fizycznych zachodzących w tych procesach wiąże się z przyjęciem wielu założeń upraszczających, często znacznie modyfikujących podstawowe parametry badanego problemu. Istotnym kryterium przydatności danego modelu numerycznego staje się więc jego weryfikacja eksperymentalna. Weryfikacja jest też potrzebna przy empirycznym dopasowaniu parametrów wymaganych w obliczeniach modelowych, tzn. wyznaczeniu charakterystyk materiałowych, czy termicznych warunków brzegowych w taki sposób, by zapewniały maksymalną zgodność wyników numerycznych z wynikami eksperymentalnym.

W obliczy braku efektywnych algorytmów dla wielu istotnych problemów obliczeniowych i decyzyjnych, coraz większym zainteresowaniem cieszą się systemy, wzorowane na regułach rządzących procesami ewolucji biologicznej czyli tzw. algorytmy ewolucyjne. Systemy te mogą być wykorzystane do poszukiwania i optymalizacji oraz możliwości zastosowania ich do parametrycznej optymalizacji modelu symulacyjnego procesu stygnięcia i krzepnięcia, na podstawie danych uzyskanych z eksperymentów fizycznych.

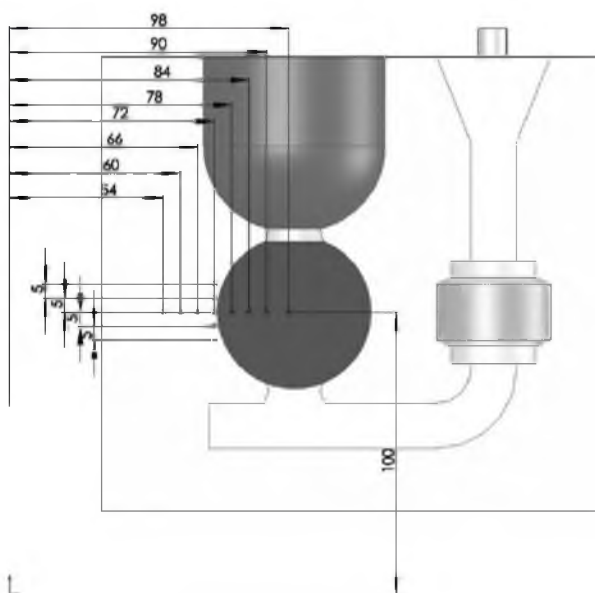
Symulacja metodą elementów skończonych

Jedną z najczęściej stosowanych technik symulacji metod numerycznych jest metoda elementów skończonych. Popularność tej metody odzwierciedlona jest w ilości narzędzi wspomagających przygotowanie modeli symulacyjnych. Komercyjne systemy symulacyjne takie jak MAGMA posiadają charakter zamknięty i nie dają możliwości wprowadzania jakichkolwiek

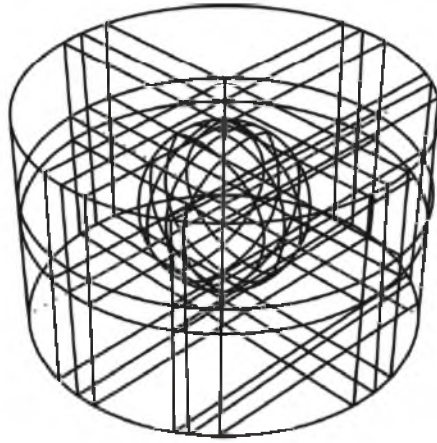
modyfikacji. Dlatego też jedynym dostępnym narzędziem informatycznym umożliwiającym realizację planowanych zamierzeń badawczych jest system ABAQUS.

Opracowano model symulacji procesu krzepnięcia i stygnięcia na pakiecie ABAQUS zainstalowany w ACK Cyfronet w Krakowie ze szczególnym uwzględnieniem możliwości wykorzystania graficznego środowiska ABAQUS/CAE. Prosty model kulki został zaprojektowany zgodnie z założeniami eksperymentu fizycznego, z pominięciem pewnych elementów budowy formy związanych z praktyczną realizacją odlewu np.: pominięto układ wlewowy oraz nadlew (rys. 39).

Na rysunku 38 przedstawiono model kulki z układem wlewowym i nadlewem.



Rys. 38. Model kuli wraz z układem wlewowym i nadlewem.



Rys. 39. Model numeryczny zaprojektowany w ABAQUS'ie.

Przedstawiony poniżej model matematyczny procesu krzepnięcia i stygnięcia odlewów, stanowi podstawę naszych badań, opartych na symulacji komputerowej. Zdecydowanie większość dostępnych pakietów symulacyjnych umożliwia modelowanie zjawisk zachodzących w trakcie stygnięcia odlewu za pomocą równania Fouriera-Kirchhoffa [3]:

$$X \in \Omega : c(T)\rho(T) \frac{\partial T(X,t)}{\partial t} = \text{div}[\lambda(T) \text{grad}T(X,t)] + Q(X,t) \quad (65)$$

gdzie: X – punkt obszaru odlewu, T – temperatura [K], t – czas [s], $c(T)$ – ciepło właściwe [J/kgK], $\lambda(T)$ – współczynnik przewodzenia ciepła [W/mK], ρ – gęstość [kg/m³], $Q(X,t)$ – źródło ciepła – ilość ciepła generowanego w jednostkowej objętości w jednostce czasu [W/m³].

Gradient i dywergencja w układzie współrzędnych sferycznych: przy stałej wartości λ :

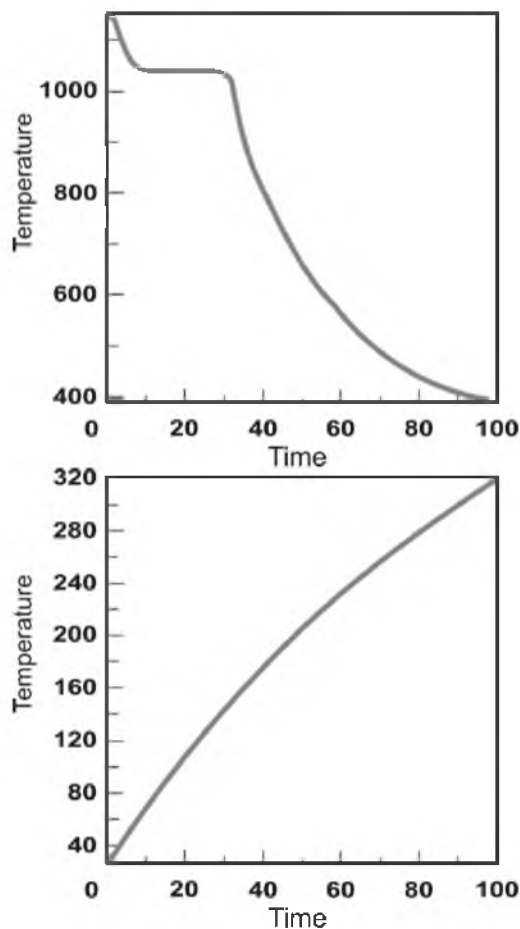
$$\lambda \text{div}(\text{grad}T) = \lambda \left[\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \vartheta} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r^2 \sin \vartheta} \frac{\partial}{\partial \vartheta} \left(\sin \vartheta \frac{\partial T}{\partial \vartheta} \right) \right] \quad (66)$$

przy zmiennej wartości λ :

$$\text{div}(\lambda \text{grad}T) = \left[\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda r^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \vartheta} \left(\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \vartheta} \frac{\partial}{\partial \vartheta} \left(\lambda \sin \vartheta \frac{\partial T}{\partial \vartheta} \right) \right] \quad (67)$$

gdzie: r – współrzędna w kierunku promienia, ϑ – kąt w kierunku południkowym, φ – kąt azymutalny

Zdecydowano się na określenie współczynników termofizycznych zgodnie z powyższym równaniem. Poszukiwanymi wielkościami są gęstość, współczynnik pojemności cieplnej oraz współczynnik przewodnictwa cieplnego, dwie ostatnie wielkości wyznaczone są jako funkcje temperatury, a źródło ciepła zostało pominięte.



Rys. 40. Przebieg zmian temperatury w wybranym punkcie formy i w wybranym punkcie odlewu.

Znaczącym parametrem procesu stygnięcia odlewu jest temperatura – wartość i szybkość zmian temperatury ma wpływ na mikrostrukturę odlewu, a także na naprężenie termiczne. Rysunek 40 przedstawia przebieg zmian temperatury w wybranym punkcie formy i w wybranym punkcie odlewu. Zgodność wyników symulacji z rzeczywistymi zależy od poprawnego doboru wartości poszczególnych parametrów i przyjętych uproszczeń. Dobór niektórych parametrów np: współczynnik przewodzenia ciepła pomiędzy odlewem i formą wymaga weryfikacji.

Optymalizacja parametrów za pomocą algorytmów ewolucyjnych

W przypadku symulacji procesów krzepnięcia i stygnięcia odlewów, wykorzystanie rozbudowanych algorytmów obliczeniowych opartych na metodzie elementów skończonych nie gwarantuje uzyskania zadowalających rezultatów symulacji. Porównanie danych uzyskanych z eksperymentów fizycznych oraz z symulacji wskazuje na niedokładność. Jak wspomniano wcześniej eksperymenty fizyczne są kosztowne i niekiedy trudne do przeprowadzenia dlatego też alternatywnym rozwiązaniem może być poszukiwanie wartości parametrów symulacji z wykorzystaniem metod inteligencji obliczeniowej, przez „dopasowanie” wyników symulacji do uzyskanych pomiarów rzeczywistych.

Opracowano system rozproszony który umożliwia przeprowadzanie optymalizacji parametrów wejściowych symulacji za pomocą algorytmów ewolucyjnych, które wykorzystując wyniki eksperymentu fizycznego oraz wyniki symulacji komputerowej, prowadzą do wyznaczenia optymalnych wartości współczynników decydujących o wymianie ciepła (rys. 41). System w momencie otrzymania danych osobnika generuje plik wejściowy dla programu ABAQUS. Po zakończeniu symulacji uzyskane przebiegi temperatury porównywane są z wzorcowymi celem wyznaczenia jakości osobnika.



Rys. 41. Przebieg eksperymentu symulacyjnego MES z optymalizacją parametrów symulacji [2].



Rys. 42. Schemat algorytmu ewolucyjnego.

Algorytm ewolucyjny (rys. 42) polega na iteracyjnym przekształcaniu *populacji osobników* reprezentujących zbiór potencjalnych rozwiązań danego zadania. Ewolucja sprowadza się tu do generowania kolejnych pokoleń przy zastosowaniu tzw. operatorów genetycznych oraz procesu selekcji. Zadaniem operatorów genetycznych jest losowa modyfikacja (mutacja) i wymiana (rekombinacja) materiału genetycznego osobników, czyli poszukiwanie nowych rozwiązań. Selekcja najlepszych osobników dokonywana jest na podstawie dostarczanej przez środowisko funkcji celu – miary przystosowania poszczególnych osobników, będącej odpowiednikiem jakości reprezentowanych przez nich rozwiązań. Dzięki temu proces ewolucji powinien zmierzać w kierunku generowania coraz lepszych osobników i znalezienia poszukiwanego (zwykle przybliżonego) rozwiązania zadania [1, 4, 6, 7].

Oczywiście poprawność uzyskanego modelu symulacyjnego zależeć będzie od liczby stopni swobody modelu (parametrów podlegających optymalizacji – zmiennych decyzyjnych) oraz ilości składowych takiego kryterium (dostępnych wyników eksperymentalnych). Im więcej stopni swobody i składowych kryterium, tym lepsze (pewniejsze) wyniki będzie można osiągnąć, jednak przy większym nakładzie obliczeń [1].

Możliwości wykorzystania algorytmów ewolucyjnych zilustrowane było na przykładzie problemu poszukiwania wartości *współczynnika przewodzenia ciepła* dla modelu kuli. Dla pozostałych danych (*gęstość, ciepło właściwe*) przejęto wartości tablicowe. Wykorzystano klasyczny algorytm genetyczny, w którym poszczególne osobniki reprezentują różne zależności wartości *współczynnika przewodnictwa ciepła* od temperatury:

$$x = [x_1 = \lambda(T_1), \dots, x_5 = \lambda(T_5)] \quad (68)$$

gdzie: T_i – temperatura wyznaczająca punkt interpolacji zależności wartości współczynnika przewodnictwa cieplnego od temperatury, $\lambda(T_1)$ – dyskretne wartości współczynnika przewodnictwa cieplnego z przedziału (0,1] z krokiem 0,05.

Funkcja celu opiera się na wartościach symulowanych. Funkcja celu może być zbieżna do: punktu w danym czasie, obszaru, wykresu zadanej funkcji w czasie i została przyjęta według wzoru:

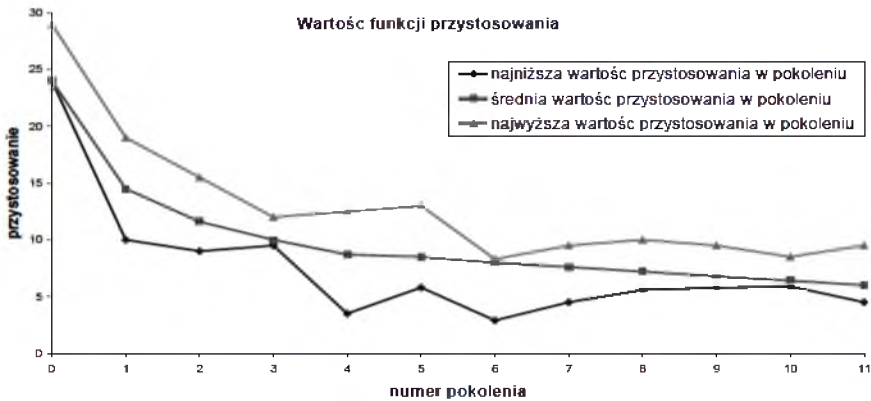
$$target(v_1, v_2, \dots, v_n) = \sum_{i=1}^n importance_i \cdot delta(v_i, exp_i) \quad (69)$$

$$\Delta(v_i, \exp_i) = \begin{cases} (v_i - \exp_i)^2 & \text{gdy Fit to point} \\ \sum_{t=t_{start}}^{t_{stop}} \Delta_{area}(v_i(t), \exp_{i_{min,max}}) & \text{gdy Fit to area} \\ \sum_{t=t_{start}}^{t_{stop}} (v_i(t) - \exp_i(t))^2 & \text{gdy Fit to function} \end{cases} \quad (70)$$

$$\Delta_{area}(v_i(t), \exp_{i_{min,max}}) = \begin{cases} (v_i(t) - \exp_{i_{min}})^2 & \text{gdy } v_i < \exp_{i_{min}} \\ (v_i(t) - \exp_{i_{max}})^2 & \text{gdy } v_i > \exp_{i_{max}} \\ 0 & \text{w przeciwnym wypadku} \end{cases} \quad (71)$$

gdzie: V_i – i -ta wartość symulowana, importance_i – i -ta waga wartości symulowanej, \exp_i – oczekiwany wynik wartości symulowanej (punkt, obszar lub funkcja).

Na rysunku 43 pokazano wartości przystosowania osobników (najlepsze, najgorsze, średnie) w kolejnych pokoleniach algorytmu. Najlepsze rozwiązanie poprawia się, przynajmniej tak długo, jak utrzymywana jest różnorodność populacji [2].



Rys. 43. Przystosowanie osobników w kolejnych pokoleniach algorytmu.

Podsumowanie

Zastosowanie metod inteligentnych, w połączeniu z wiedzą z zakresu technologii wytwarzania wyrobów metalowych, pozwoli na właściwy dobór parametrów modeli symulacyjnych, a w konsekwencji umożliwi bardziej efektywne oddziaływanie na przebieg procesu krzepnięcia i stygnięcia odlewu, w celu zapewnienia jego wymaganej jakości. Dzięki temu, że zaprojektowany system, w którym zaproponowaną strukturę obliczeń, jak również niezbędne procedury i algorytmy zamknięte, został nadbudowany na istniejące środowiska symulacyjne ABAQUS, mamy znaczne ułatwienie procesu przygotowywania i realizacji tego typu obliczeń. Co więcej, zastosowanie modelu rozproszonego w znacznym stopniu zmniejszyło złożoność czasową obliczeń, wymagających wielokrotnego powtarzania złożonych symulacji do oszacowania jakości różnych zestawów parametrów.

Celem prowadzonych prac jest przygotowanie rozproszonej platformy obliczeniowej, o wskazanej charakterystyce, jak również zestawu algorytmów gotowych do wykorzystania w omawianej klasie problemów optymalizacyjnych.

Literatura

- [1] Górny Z., Kluska-Nawarecka S., Kisiel-Dorohinicki M., *Modele matematyczne i symulacyjne w badaniach stopów miedzi i aluminium*, Kraków 2003.
- [2] Byrski A., Kisiel-Dorohinicki M., Kluska-Nawarecka S., *Ewolucyjna optymalizacja parametrów symulacji MES procesu stygnięcia i krzepnięcia*, KomPlasTech 2004.
- [3] Suchy J., Mochnacki B., *Modelowanie i symulacja krzepnięcia odlewów*, Warszawa 1993.
- [4] Goldberg D.E., *Algorytmy genetyczne i ich zastosowania*, Warszawa, 1986.
- [5] Kluska-Nawarecka S., *Metody komputerowe wspomagania diagnostyki wad odlewów*, Kraków, 1999.
- [6] Michalewicz Z., *Algorytmy genetyczne + struktury danych = programy ewolucyjne*, Warszawa 1996.
- [7] Rutkowska D., Pilinski M., Rutkowski L., *Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte*, Warszawa–Łódź 1997.

Budowa modeli decyzyjnych z zastosowaniem drzew klasyfikacyjnych i logiki rozmytej

Dorota Wilk-Kołodziejczyk, Krzysztof Regulski

Streszczenie

Stworzenie systemu diagnostycznego, czy wspomagającego podejmowanie decyzji, wykorzystującego inny niż dwuwartościowy formalizm logiczny, a mianowicie logikę rozmytą, pozwala na wnioskowanie z faktów przedstawionych nie w postaci jednoznacznych liczb, ale opisanych za pomocą zmiennych lingwistycznych takich jak „wysoki poziom”, „niska temperatura”, „zbyt duża zawartość” etc. Dzięki temu proces wnioskowania zbliża się do ludzkich, rzeczywistych warunków realizacji procesów decyzyjnych. Wiedza eksperta pozwala odkryć funkcje opisujące zależności pomiędzy zadaną klasyfikacją obiektów a ich charakterystyką, na podstawie których tworzy się reguły decyzyjne służące klasyfikacji nowych obiektów o nieznaną dotąd klasyfikacji. Proces ten może zostać zautomatyzowany. Badania eksperymentalne prowadzone na stopach miedzi dostarczają dużej ilości danych, których przetwarzanie może zostać znacząco przyspieszone dzięki algorytmom klasyfikacji z zastosowaniem logiki rozmytej. Logika rozmyta zapewnia również możliwość elastycznego przyporządkowywania do klas na podstawie funkcji przynależności (co jest zbliżone do zjawisk w warunkach rzeczywistych). Podejmowanie decyzji w procesach odlewniczych bardzo często wymaga oparcia się na wiedzy niepełnej i niejednoznacznej, w efekcie czego wnioski z danych i faktów mogą być „w pewnym stopniu” prawdziwe, a do technologa należy określenie, jaki poziom pewności jest akceptowalny, przy czym stopień poprawności dla konkretnych kryteriów określony jest przez funkcję przynależności, która przyjmuje wartości z przedziału $<0,1>$. Rozdział opisuje metodykę i proces tworzenia modeli decyzyjnych w oparciu o logikę rozmytą uwzględniając specyfikę i potrzeby przetwórstwa stopów miedzi. Algorytmy automatycznej klasyfikacji w zakresie badań materiałowych stopów miedzi mają niewątpliwie charakter nowatorski i roszą na zastosowania praktyczne w tym obszarze.

Wstęp

Teoria zbiorów rozmytych i logiki rozmytej, której autorem był L.A. Zadeh (1965)[1] pozwoliła stworzyć modele wnioskowania tam, gdzie nie mamy dostatecznej wiedzy o zjawiskach pozwalającej na stworzenie dokładnego, deterministycznego modelu matematycznego. Przybliżenie wyrażone

zmiennymi lingwistycznymi okazuje się wystarczające w procesach sterowania [2, 3, 4, 5], gdzie cieszy się największą popularnością, tym bardziej sprawdza się w zastosowaniach wspomagających podejmowanie decyzji technologicznych w warunkach niepełnych i niepewnych informacji na temat przebiegu zjawisk zachodzących w procesie obróbki cieplnej elementów wykonanych z brązu BA1032.

Artykuł opisuje sposób tworzenia modelu rozmytego opartego na danych poddanych wstępnej obróbce algorytmem drzew decyzyjnych (C&RT) w celu uzyskania zbiorów rozmytych, na których zostaną oparte reguły decyzyjne. Jest to oryginalna metodyka, pozwalająca wyekstrahować z danych eksperymentalnych wiedzę dotyczącą zależności pomiędzy zmiennymi procesu. Drzewa decyzyjne pozwalają na zastosowanie w sytuacjach, gdzie wiedza a priori jest bardzo mała. Dotychczas do stworzenia modelu rozmytego konieczne było opracowanie reguł oraz zbiorów rozmytych przez eksperta dziedziny, co często było kosztowne i czasochłonne. Zastosowanie algorytmów C&RT, narzędzi z rodziny *data mining*, pozwala uzyskać tą wiedzę automatycznie.

Eksploracja danych z zastosowaniem drzew klasyfikacyjnych i regresyjnych.

Do opracowania użyto wyników badań przeprowadzonych na czterech wytopach brązu BA1032 (E, F, G, K) poddanych różnym rodzajom modyfikacji (wytop E – bez modyfikacji, F – modyfikowany wapniem [Ca], G – modyfikowany potasem [K], wytop K – modyfikowany borem [CuB2]). Łącznie do analizy wzięto wyniki dla 60 próbek.

Poszczególne próbki poddawane były różnym rodzajom obróbki cieplnej:

H1 – przesycanie w 950°C, chłodzenie w wodzie (szybkie);

H2 – przesycanie w 950°C, chłodzenie w oleju (średnie);

H3 – przesycanie w 950°C, chłodzenie na powietrzu (wolne);

a niektóre dodatkowo:

S1 – starzenie w 500°C, studzenie z piecem;

S2 – starzenie w 500°C, studzenie na powietrzu;

S3 – starzenie w 700°C, studzenie z piecem;

S4 – starzenie w 700°C, studzenie na powietrzu.

Wynikiem ulepszania cieplnego były zmiany właściwości mechanicznych. W poszukiwaniu zależności wzięto pod uwagę uzyskane właściwości każdej z próbek:

R_m [Mpa] – wytrzymałość,

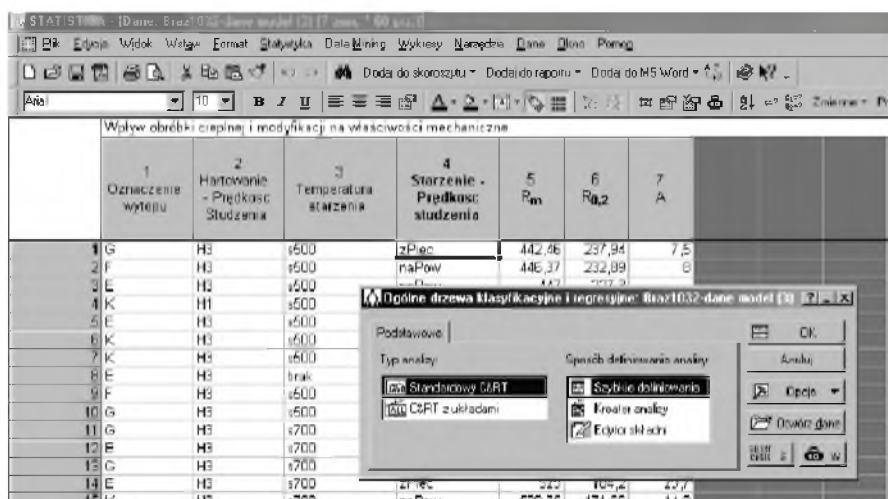
$R_{0,2}$ [Mpa] – umowna granica plastyczności,

A [%] – wydłużenie.

Celem badań wstępnych było znalezienie zależności pomiędzy poszczególnymi rodzajami ulepszania cieplnego, a w szczególności określenie, które z procesów mają najistotniejszy wpływ na wskazane właściwości mechaniczne.

Dla uzyskania tej wiedzy posłużyliśmy się algorytmem drzew klasyfikacyjnych i regresyjnych C&RT spopularyzowanym przez L. Breinmana (1984)[6] i innych [7, 8]. Celem modelu jest wyznaczenie klas wartości poszczególnych zmiennych zależnych (R_m , $R_{0,2}$, A) utworzonych na podstawie przebiegu zmienności zmiennych predykcyjnych (szybkość chłodzenia po przesycaniu, rodzaj modyfikatora, temperatura starzenia, szybkość studzenia przy starzeniu). Pozwoli to na zbudowanie reguł wnioskowania na podstawie czterech zmiennych objaśniających.

Do budowy modelu drzewa C&RT użyto programu *STATISTICA 8.0* (rys. 44).



Rys. 44. Okno dialogowe algorytmu C&RT.

Szybkość chłodzenia przy przesycaniu czy temperatura starzenia to zmienne ciągłe, jednak specyfika procesu i charakterystyka zebranych danych wskazuje na punktowy wybór wartości (np. 500°C, 700°C, czy studzenie w powietrzu, wodzie etc.) w związku z czym potraktowano te wartości

jako kategorie jakościowe w badaniu drzew regresyjnych. W efekcie stosujemy model drzewa regresyjnego, w którym:

- każdy wierzchołek wewnętrzny reprezentuje test na zmiennych;
- każdy łuk reprezentuje wynik testu;
- każdy węzeł (liść) reprezentuje pojedynczą klasę.

Algorytm budowania drzewa polega na dzieleniu uczącego zbioru obiektów (próbek) na partycje do momentu, w którym każda partycja zawiera dane należące do jednej klasy. Podział wierzchołków w drzewach regresyjnych, następuje na podstawie kryterium odchylenia najmniejszych kwadratów (LSD – *Least Significant Difference*)

$$R(t) = \frac{1}{N_w(t)} \sum_{i \in t} w_i f_i (y_i - \bar{y}(t))^2 \quad (72)$$

gdzie:

$N_w(t)$ – ważona liczba przypadków w węźle t ,
 w_i – wartość zmiennej ważącej dla przypadku i ,
 f_i – wartość zmiennej częstotliwości,
 y_i – wartość zmiennej odpowiedzi,
 $\bar{y}(t)$ jest średnią ważoną w węźle t .

Stosowanie algorytmu drzew C&RT prowadzić powinno do stworzenia takiego modelu drzewa, dla którego zdolność predykcyjna jest największa, czyli trafność klasyfikacji jest największa, czyli wariancja dla poszczególnych klas jest najmniejsza. Do oceny modeli służy koszt. Konieczność minimalizacji kosztów, a nie samej stopy błędnych klasyfikacji, wynika z tego, że niektóre błędy klasyfikacji mogą mieć bardziej katastrofalne skutki niż inne [8]. W naszym przypadku skorzystamy z dwóch rodzajów kosztów: kosztu sprawdzianu krzyżowego (SK) oraz kosztu resubstytucji. V -krotny sprawdzian krzyżowy jest korzystną metodą dla małych zbiorów danych uczących, kiedy trudno wydzielić próbę testową. Wybiera się v podprób z próby uczącej i na nich przeprowadza się sprawdzian. Wszystkie przypadki danych dzielone są na v grup Z_1, Z_2, \dots, Z_v o takiej samej, na ile to możliwe liczności. Oceną dokładności klasyfikacji jest proporcja przypadków w grupie Z błędnie sklasyfikowanych przez model zbudowany na bazie przypadków grupy $Z - Z_v$.

$$R^*(d^{(v)}) = \frac{1}{N_v} \sum_{(x_n, j_n) \in Z_v} X(d^{(v)}(x_n) \neq j_n) \quad (73)$$

gdzie: $d^{(v)}(x)$ obliczone jest dla próby $Z - Z_v$.

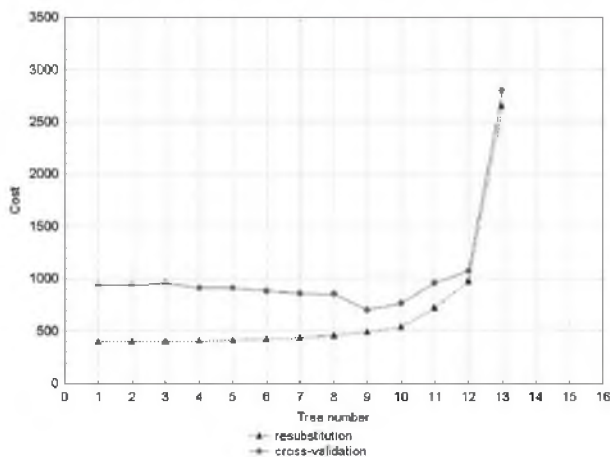
Koszt sprawdzianu krzyżowego jest podstawowym narzędziem wyboru drzewa. Wybiera się drzewo o minimalnym koszcie SK, lub drzewo najmniej złożone, którego koszty SK nie różnią się „znacznie” od minimalnych [6].

Narzędziem pomocniczym przy wyborze i ocenie właściwego drzewa decyzyjnego jest koszt resubstytucji. Jest to proporcja przypadków błędnie sklasyfikowanych przez model klasyfikujący zbudowany na bazie wszystkich przypadków. Oblicza się tu oczekiwany błąd kwadratowy, bazując na predykcji zależnej zmiennej ciągłej.

$$R(d) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - d(x_i))^2 \quad (74)$$

gdzie próba ucząca Z składa się z punktów (x_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, N$. Miara ta obliczana jest dla tego samego zbioru danych, na bazie którego zbudowano partycję d .

Posługując się wskaźnikami kosztów można wybrać najlepsze drzewo decyzyjne dla każdego z trzech modeli ($R_m, R_{0,2}, A$) (rys. 45).



Rys. 45. Przykładowa sekwencja kosztów dla zmiennej zależnej $R_{0,2}$.

W ten sposób utworzono trzy drzewa regresyjne dla zmiennych zależnych (R_m , $R_{0,2}$, A) (rys. 46). Wszystkie obiekty (próbki) zostały poklasyfikowane według wartości parametrów wyjściowych zależnych od etapów obróbki cieplnej. Klasy te zostaną zastosowane w dalszych etapach konstrukcji modelu rozmytego.

Tabela 2. Klasy obiektów względem parametrów R_m , $R_{0,2}$, A

ID Klasy	Średnia	Odchylenie standardowe
R_m ,		
ID4	793,25	28,16
ID5	33,46	5,78
ID14	42,88	6,55
ID15	2187,03	46,77
ID13	324,82	18,02
$R_{0,2}$		
ID4	128,32	11,33
ID5	426,79	20,66
ID12	1002,18	31,66
ID13	137,24	11,71
ID20	1024,64	32,01
ID21	40,63	6,37
A		
ID2	29,22	5,41
ID3	14,13	3,76



Rys. 46. Drzewo 9 dla R_m , liczba węzłów końcowych: 5.

Skonstruowane i wybrane drzewo pozwala na stworzenie reguł. Interpretacja drzewa jest bezpośrednia: dla każdego liścia (konkluzji) śledzimy wszystkie kolejne gałęzie (łuki grafu). Każdy napotkany wierzchołek reprezentuje test, a więc jest podstawą dla stworzenia przesłanki reguły. I tak, na podstawie drzewa nr 9 dla R_m można określić reguły:

- jeśli próbka poddana została przesycaniu H3 i starzeniu w 500°C, wtedy wytrzymałość będzie miała rozkład o średniej $E(X)=476\text{Mpa}$ i wariancji $D^2(X)=793$;
- jeśli próbka poddana została hartowaniu H3 i starzeniu w 700°C lub bez starzenia, wtedy wytrzymałość będzie miała rozkład o średniej $E(X)=530\text{Mpa}$ i wariancji $D^2(X)=33$;
- jeśli próbka modyfikowana borem (K) poddana została przesycaniu (H2) wtedy wytrzymałość będzie miała rozkład o średniej $E(X)=577\text{Mpa}$ i wariancji $D^2(X)=43$;
- jeśli próbka modyfikowana borem (K) poddana została przesycaniu (H1) wtedy wytrzymałość będzie miała rozkład o średniej $E(X)=546\text{Mpa}$ i wariancji $D^2(X)=2187$;
- jeśli próbka nie modyfikowana borem (K) poddana została przesycaniu (H2 lub H1) wtedy wytrzymałość będzie miała rozkład o średniej $E(X)=600\text{Mpa}$ i wariancji $D^2(X)=325$.

Podobnie przeprowadzono analizę drzew dla pozostałych zmiennych zależnych uzyskując zestaw dalszych reguł. Takie rozwiązanie pozwala na określenie klas właściwości mechanicznych na podstawie przeprowadzonych procesów ulepszania cieplnego. Taki model ma duże znaczenie z punktu widzenia ustalania technologii i procesu technologicznego dla produkcji odlewów z brązu BA1032.

W codziennym działaniu może być dla użytkownika bardziej praktyczny model odwrotny, mianowicie odpowiadający na pytanie „jakiej obróbki cieplej powinienem użyć, aby otrzymać właściwości mechaniczne o wartościach $R_m=x$, $R_{0,2}=y$, $A=z$?”.

Rozwiązanie problemu odwrotnego może zostać wykonane w oparciu o drzewa klasyfikacyjne C&RT. Zmienna zależna jest w tym wypadku zmienną jakościową, a predykatory zmiennymi ilościowymi. Model taki będzie posiadał jednak pewne istotne niedogodności:

- dla każdego etapu obróbki próbek stworzone zostanie osobne drzewo, co oznacza, że nawet dla procesów „niesamodzielných” jak starzenie, zostanie stworzony model bez uwzględnienia pozostałych, immanentnie zwią-

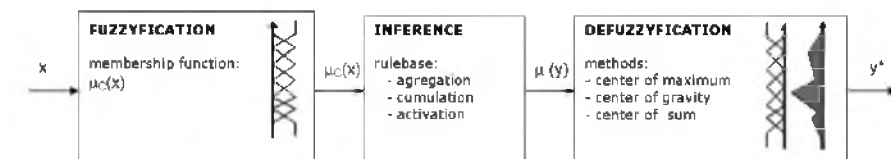
zanych z nim procesów. Taka sytuacja może prowadzić do stworzenia reguł sprzecznych. Przykładowo: dla starzenia zostanie ustalona reguła, mówiąca, że aby otrzymać pewną wartość wydłużenia należy zastosować starzenie w 500°C lub jego brak; taka reguła będzie prawdziwa jedynie przy założeniu, że nie zostało przeprowadzone przesycanie H3. Jeśli rozpatrujemy te procesy osobno, nie jesteśmy w stanie takich zależności kontrolować;

- trudność związana z wyrażeniem w sposób wystarczająco ekspresywny reguł w postaci histogramu: dla przykładu, fragment drzewa klasyfikacyjnego dla klasy o numerze 20 (ID=20). Jej licznosc wynosi 3 ($N=3$). Klasa ta powstaje z obiektów, dla których $R_m \leq 606,39$. Wewnątrz klasy histogramy licznosci próbek z hartowaniem H1 i H2 informują, że „aby otrzymać R_m mniejsze lub równe 606,4, należy w przede wszystkim zastosować przesycanie H1, ewentualnie (choć mniej pewnie) przesycanie H2”.

Aby uniknąć wymienionych wyżej niedogodności związanych z budową modelu odwrotnego za pomocą drzew C&RT, postanowiono skorzystać z narzędzia, jakim jest logika rozmyta.

Rozwiązanie problemu odwrotnego z zastosowaniem modelu logiki rozmytej

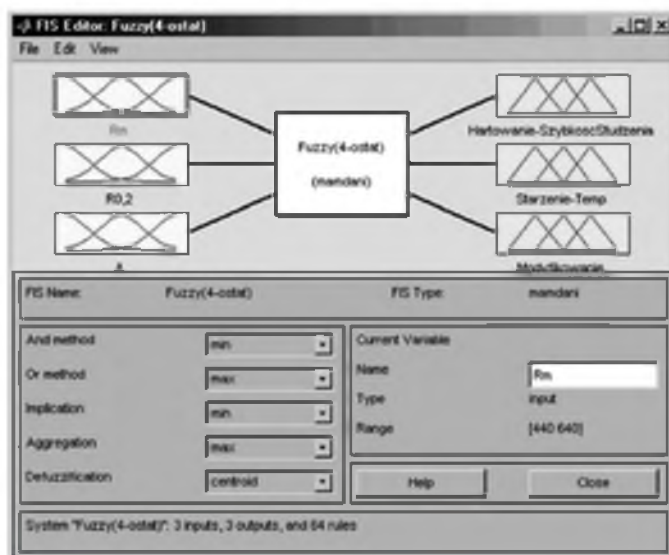
Do skonstruowania modelu użyto środowiska MATLAB 7.4 (R2007a), modułu Fuzzy Logic Toolbox. Wykorzystano zaimplementowany w module model wnioskowania Mamdaniego [9]. Ogólny sposób działania modelu rozmytego składa się z trzech kroków: rozmywania, wnioskowania i wyostrzania (rys. 47).



Rys. 47. Ogólny schemat działania modelu rozmytego.

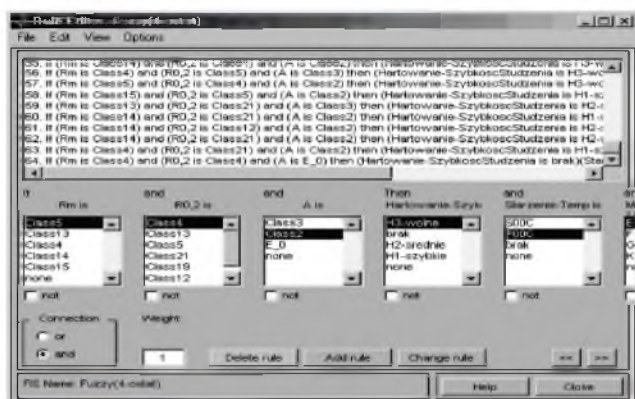
Zadaniem bloku rozmywania jest przekształcenie otrzymanej na wejściu wartości liczbowej „ostrej” skojarzonej z daną zmienną lingwistyczną na stopień spełnienia funkcji przynależności do zbioru rozmytego. W naszym modelu funkcje przynależności przyjęły rozkłady Gaussa z charakterystykami obliczonymi wcześniej na podstawie algorytmów C&RT.

Tak utworzone zbiory rozmyte pozwalają wykorzystać wcześniejsze badania do utworzenia klastrów posiadających takie same ścieżki obróbki cieplnej.



Rys. 48. Okno dialogowe modułu Fuzzy Logic Toolbox środowiska MATLAB 7.4 (R2007a).

Dalszym krokiem jest stworzenie bazy reguł wnioskowania. W modelu zaimplementowano 64 reguły. 60 reguł w oparciu o wyniki dla próbek oraz 4 reguły kontrolne z wykorzystaniem rozszerzonych danych z projektu. Dla każdej próbki zastosowano klasyfikację uzyskaną z modelu C&RT do przyporządkowania zanotowanej wartości właściwości mechanicznych. Klasy posłużyły tutaj jako lingwistyczne określenie zbiorów rozmytych.

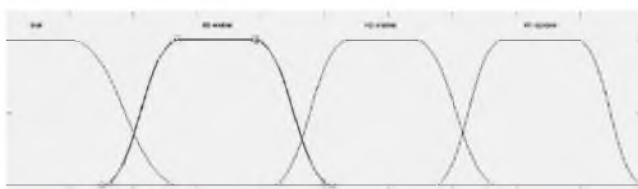


Rys. 49. Okno edytora regul.

W bloku rozmywania wartości zmiennych wejściowych zostały zamienione na stopnie spełnienia odpowiednich predykatów. Blok wnioskowania oblicza na podstawie wejściowych stopni przynależności wynikową funkcję przynależności. Jej obliczanie odbywa się poprzez uruchomienie (aktywacja) każdej reguły, której przesłanki są spełnione, wyliczenie zbioru rozmytego będącego wynikiem jej działania (agregacja) oraz kumulacja wyników w obrębie zbioru reguł.

Ostatnim etapem jest defuzyfikacja, czyli wyostrzenie. Ma ona na celu przekształcenie wynikowego zbioru rozmytego na określoną wartość rzeczywistą wyjścia modelu. Istnieje wiele metod defuzyfikacji. Metody najczęściej stosowane to metody: środka maksimum, środka ciężkości i środka sum. W proponowanym modelu wykorzystano metodę środka ciężkości (centroid).

Przyjęte rozkłady funkcji przynależności dla prędkości studzenia przy przesycaniu wynikają z założenia, że w danym ośrodku studzenia warunki pozostają niezmiennie, rozmycie na granicach zbiorów (zmiana ośrodka) wynika ze zmian prędkości studzenia w zależności od modyfikacji ośrodka.



Rys. 50. Przykładowe funkcje przynależności dla zmiennej „szybkość chłodzenia po przesycaniu”.

Jako funkcję przynależności dla temperatury starzenia wybrano rozkłady Gaussa, jako że temperatura starzenia wynosi dokładnie 500°C lub 700°C tylko w jednym punkcie skali. Okoliczne punkty są już jedynie „przynależne” do zbioru rozmytego „w pewnym stopniu”.

Trapezowe funkcje przynależności dla rodzaju modyfikatora oddają najlepiej charakter tej zmiennej. Zbiory rozmyte są w tym wypadku zbliżone do logiki dwuwartościowej – próbka jest modyfikowana danym modyfikatorem lub nie.

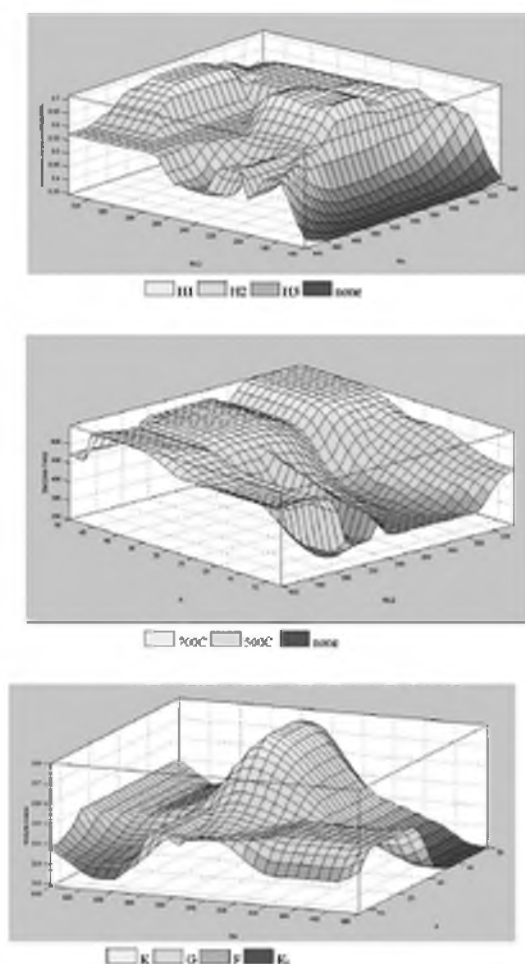


Rys. 51. Diagram przedstawiający reguły w formie schematycznej.

Przebieg wnioskowania można zobrazować diagramem przedstawiającym reguły w formie schematycznej oraz zacieniowane reguły, które zostały aktywowane.

W owalach (rys. 51) zaznaczono parametry wejściowe oraz skumulowany zbiór rozmyty dla wyniku wnioskowania, a także wyostrzone parametry wartości wyjściowej. Każdej regule odpowiada jeden wiersz matrycy, zaś kolumny stanowią rozmytą reprezentację poszczególnych zmiennych. Dla zadanej wartości numerycznej zmiennej wejściowej (pionowa linia na pierwszych trzech kolumnach), określone są wartości funkcji przynależności do poszczególnych zbiorów rozmytych (przecięcie pionowej linii z wykresem funkcji przynależności). Zgodnie z postacią reguły, wartość jej lewej strony (przesłanki), określana jest przy zastosowaniu operatora MIN – tak więc, aktywne są tylko te reguły, dla których wartość funkcji przynależności wszystkich zmiennych są większe od 0 (zmienne oznaczone szarym cieniowaniem w pierwszych trzech kolumnach).

Odpowiednio do otrzymanych wartości lewej strony reguł aktywnych, wyznaczone są wartości funkcji przynależności zmiennych wyjściowych (konkluzji), reprezentowanych przez trzy ostatnie kolumny matrycy. Wyniki te są integrowane z zastosowaniem operatora MAX (suma mnogościowa). Wynik końcowy (najniższa pozycja ostatniej kolumny), podlega defuzyfikacji (wyostrzaniu), poprzez zastosowanie operatora Centroid, co odpowiada wyznaczeniu współrzędnej środka ciężkości, otrzymanej w wyniku integracji bryły (oznaczony linią pionową w pierwszych trzech kolumnach).



Rys. 52. Powierzchniowe wykresy wnioskowania dla parametrów R_m , $R_{0,2}$, A .

Użytkownik może wykorzystać do wnioskowania również powierzchnie utworzone z dopuszczalnych wyników wnioskowania na podstawie reguł (rys. 52).

Podobną powierzchnię można wyznaczyć dla każdej pary parametrów i każdej zmiennej wyjściowej. Przedstawione wykresy obejmują kombinacje zmiennych, dla których odkryto istotne statystycznie zależności: $R_m - R_{0,2}$; $R_m - A$; $A - R_{0,2}$.

Podsumowanie

W rozdziale zaprezentowano dwa sposoby tworzenia modeli wnioskowania. W oparciu o algorytmy drzew klasyfikacyjnych i regresyjnych C&RT (w środowisku STATISTICA) oraz w oparciu o model wykorzystujący logikę rozmytą Mamdaniego (w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Toolbox). Pierwszy z nich posłużył za analizę wstępną materiału wejściowego (danych z pomiarów fizycznych) prowadzącą do stworzenia klasyfikacji będącej podstawą zbudowania modelu rozmytego.

Jak wykazano, w sytuacji gdy zmienne wejściowe mają charakter jakościowy (sposób prowadzenia eksperymentu sprzyjał silnej dyskretyzacji danych pomiarowych), natomiast zmienne wyjściowe są ilościowe – algorytm drzew regresyjnych daje bardzo satysfakcjonujące wyniki.

Dla zagadnienia odwrotnego zastosowano model logiki rozmytej, dzięki czemu rozwiązano problem niejednoznaczności odpowiedzi w regułach wnioskowania, w sytuacji, gdy zmienną wyjściową jest zmienna jakościowa.

W danych wejściowych (dla zagadnienia odwrotnego) próbki były rozłożone nierównomiernie w przestrzeni działania systemu. Ponieważ jednak specyfika eksperymentu wskazuje na to, że można dysponować pewną gwarancją, iż praktycznie modelowany system będzie znajdował się w większości wypadków chociaż w przybliżeniu w stanach określonych przez próbki pomiarowe, zatem dla praktyki działania modelu nie jest to problemem [4].

Literatura

- [1] Zimmermann H.J., Zadeh L.A., Gaines A.R., *Fuzzy Sets and Decision Analysis*, North Holland, New York 1984.
- [2] International Electrotechnical Commission (IEC), Technical Committee No. 65: Industrial Process Measurement And Control, IEC 1131 – Programmable Controllers, Part 7 – Fuzzy Control Programming, Committee Draft Cd 1.0 (Rel. 19 Jan 97).
- [3] D. Drinkov, H. Hellendoorn, M. Reinfrank, *An Introduction to Fuzzy Control*, Springer–Verlag 1996.
- [4] Piegat A., *Modelowanie i sterowanie rozmyte*, Warszawa 2003.
- [5] Mrzygłód B., Kluska-Nawarecka S., Adrian A., Durak J., *Knowledge representation and reasoning in fuzzy logic as applied to the process of hot-dip galvanising*, FOCOMP'2006: simulation designing and control of foundry processes: the fifth international conference: Kraków, Poland, 22–24 November 2006.
- [6] Breinman, L., Friedman, J.H., Olshen, R.A., Stone C.J., *Classification and regression trees*, Wadsworth and Brooks, California 1984.
- [7] Quinlan J.R., *Induction on Decision Trees*, Machine Learning.
- [8] Hill T., Lewicki P., *STATISTICS Methods and Applications*, StatSoft, Tulsa, OK 2007.
- [9] Durak J., Wojtaszek M., Mrzygłód B., *Application of Matlab's Fuzzy Toolbox in didactics of material science*, [w:] *Komputerowe wspomaganie dydaktyki, materiały krajowej konferencji naukowej: Łódź, 25–27 czerwca 2008*, red. E. Kącki, J. Stempczyńska, Łódź 2008.

CZĘŚĆ III

Systemy informatyczne



Restrukturyzacja przedsiębiorstwa przez wdrożenie komputerowego systemu zarządzania projektami

Adam Jakubiec

Streszczenie

Odpowiadając na obecne wymagania rynku stawiane wobec przedsiębiorstw pod względem konkurencyjności wynikającej z odpowiedniego stopnia organizacji mającej wpływ na efektywność i produktywność, a jednocześnie wysoką jakość oferowanych produktów lub usług na najwyższym poziomie, wiele firm – aby przetrwać czy utrzymać odpowiedni poziom przychodów – musi zdecydować się na przeprowadzenie procesu restrukturyzacji. Elementem nierzadko nieuniknionego cyklu przemian dostosowawczo-naprawczych może być wdrożenie systemu komputerowego wspomagania zarządzania projektami. W oparciu o dedykowane oprogramowanie Microsoft Project i Microsoft Project Server omówiono funkcjonalność tego rozwiązania i potencjalne korzyści dla przedsiębiorstwa wynikające z odpowiedniego sposobu wykorzystania jego złożonych możliwości. Narzędzia zawarte w pakiecie MS Project pozwalają na łatwe tworzenie, zarządzanie i kontrolę harmonogramów prac oraz dynamiczną alokację zasobów przydzielonych w realizowanym projekcie czy podczas sprawowania kontroli nad portfelem tego typu przedsięwzięć. Planowanie i monitorowanie finansów poszczególnych realizacji na poziomie zasobów związanych z pracą, materiałami i innego typu kosztami daje możliwość ścisłej kontroli założonych w budżecie wydatków oraz odpowiednio wczesne antycypowanie konieczności poniesienia kolejnych. Z kolei Microsoft Project Serwer dostarcza rozwiązań dla dużych organizacji mających w swojej strukturze jednostkę organizacyjną w postaci biura menadżerów projektów. Jako że realizacja dużej liczby przedsięwzięć może mieć miejsce w tym samym czasie przy korzystaniu z jednej puli zasobów, członkowie tej jednostki oraz pozostali interesariusze mają do dyspozycji narzędzie nie tylko wspomagające zarządzanie wieloma projektami ale także komunikację na odpowiednich szczeblach. Omówione zostały również szczególne przypadki, kiedy tego typu oprogramowanie do wspomagania zarządzania projektami się nie sprawdza.

Wstęp

W obecnych warunkach gospodarki rynkowej do osiągnięcia sukcesu przez wchodzące na rynek przedsiębiorstwa, jak również te o ugruntowanej pozycji, niezbędna jest sprawna organizacja pracy. Samo wdrożenie nowoczesnych rozwiązań technologicznych – nawet przy wysokim poziomie

kompetencji pracowników - może okazać się niewystarczające, aby sprostać wymaganiom klientów, jednocześnie nie przegrywając walki z silną konkurencją. Znaczącą rolę w dążeniu do sukcesu odgrywa nie tylko jakość oferowanych produktów lub usług – niemniej ważne staje się wykonywanie realizacji poszczególnych projektów w określonym, możliwie krótkim czasie. Sztuką jest osiągnięcie wysokiej wydajności i efektywności przy jednoczesnym utrzymaniu wysokich parametrów produktów końcowych. Odpowiedni poziom jakości i względnie krótki czas realizacji oferowany przez firmę determinuje nie tylko jej renomę, ale także ogranicza do minimum konieczność wykonywania jakichkolwiek poprawek wymaganych przez zapisy w umowie gwarancyjnej. Za sprawą dobrej organizacji można znacznie ograniczać koszty, zyskując jednocześnie cenny czas, co pozwala na przejście do realizacji kolejnych projektów. Zwiększeniu mocy przerobowych przedsiębiorstwa (co ma bezpośredni wpływ na osiągane zyski, a w aspekcie społecznym odpowiedni poziom wynagrodzenia pracowników, przekładający się bezpośrednio na ich zadowolenie) towarzyszy wzrost motywacji załogi. Łańcuch korzyści przedstawia, jak wiele czynników ma wpływ na osiągnięcie przez przedsiębiorstwa szeroko pojmowanego sukcesu, gwarantującego nie tylko utrzymanie się na rynku i nawiązanie silnych relacji z klientami, ale także zapewnienie i spełnienie wszystkich potrzeb wg hierarchii Masłowa, łącznie z tą znajdującą się na szczycie piramidy – potrzeby samorealizacji wynikającej z potrzeby rozwoju. Dotyczy to zarówno pracowników jak i zarządu firmy.

Restrukturyzacja organizacji zarządzania projektami przedsiębiorstwa

W celu osiągnięcia powyższych założeń – to znaczy odpowiedniego poziomu produktywności i efektywności podczas realizacji różnego typu projektów oraz aby spełnić warunki konkurencyjności, konieczna jest rezygnacja z tzw. mikrozarządzania i przejście w kierunku zarządzania projektami na poziomie przedsiębiorstwa¹.

Restrukturyzacja jest procesem zmian wyzwalanym przez krytyczne dla rozwoju przedsiębiorstwa sygnały wewnętrzne i płynące z otoczenia, mającym na celu stworzenie przedsiębiorstwa konkurencyjnego. Przedmiotem przemian jest dostosowanie organizacyjne, produkcyjne, ekonomiczne

¹ J. Phillips, *Zarządzanie projektami IT*, wyd. 3, Gliwice 2011, s. 121.

i techniczne. Restrukturyzacja jest sumą przedsięwzięć zmierzających do zmian w ramach struktury składników (dziedzin) i metod funkcjonowania przedsiębiorstwa, prowadzących do jego odnowienia i poprawy efektywności działania oraz możliwości rozwojowych².

Sposobem na ułatwienie zarządzania projektem w aspekcie przygotowania harmonogramu prac, kontroli budżetu i kosztów, przydzielania zasobów do poszczególnych zadań czy wreszcie kontrolą postępów i efektywności podczas realizacji, mogą być różnego rodzaju komputerowe narzędzia wspomagające zarządzanie projektami. Dane zapisane w formie elektronicznej mogą stanowić również nieocenioną pomoc w przepływie informacji pomiędzy menadżerem projektu a osobami pracującymi przy jego realizacji. Tego typu narzędzia mogą być również pomocne w komunikacji z klientem czy innymi interesariuszami projektu.

Ze względu na wiele korzyści biznesowych warto rozważyć wprowadzenie systemu, który wpłynie na usprawnienie organizacji zarządzania projektem – czy w przypadku rozbudowanych struktur – portfelem równolegle realizowanych projektów. Tego typu system informatyczny może przynieść wiele wymiernych korzyści przekładających się na poprawę organizacji pracy, lepszą komunikację, podniesienie wydajności, a co za tym idzie, zwiększenie dochodów przedsiębiorstwa.

Sprawdzonym i dedykowanym narzędziem do wspomagania zarządzania projektami jest oprogramowanie Microsoft Office Project. Jednakże dla niezbyt skomplikowanych projektów wystarczą tak popularne narzędzia pakietu biurowego jak edytor tekstu do opracowania struktury podziału pracy. Natomiast do szacunków budżetowych i obliczeń kosztów zadowalającym narzędziem może okazać się dowolny arkusz kalkulacyjny, dający dodatkowo możliwość kreowania graficznych raportów. Z kolei, jeśli chodzi o wszelkie harmonogramy prac, pomocny może okazać się Microsoft Outlook. Ten rozbudowany składnik pakietu Office to nie tylko klient poczty, ale również narzędzie do planowania zadań w czasie połączone z systemem pocztowym wysyłającym różnego typu powiadomienia dotyczące zadań do osób, którym w ten sposób zostały one wydelegowane.

Przedmiotem niniejszej rozprawy jest przede wszystkim MS Project, który notabene posiada opcje współpracy ze scharakteryzowanymi powyżej narzędziami chociażby poprzez możliwość wymiany danych za pomocą importu i eksportu. Obsługa programu – zwłaszcza dla użytkowników

² S. Lachiewicz, A. Zakrzewska-Bielawska, *Restrukturyzacja organizacji i zasobów kadrowych przedsiębiorstwa*, Kraków 2005, s. 16.

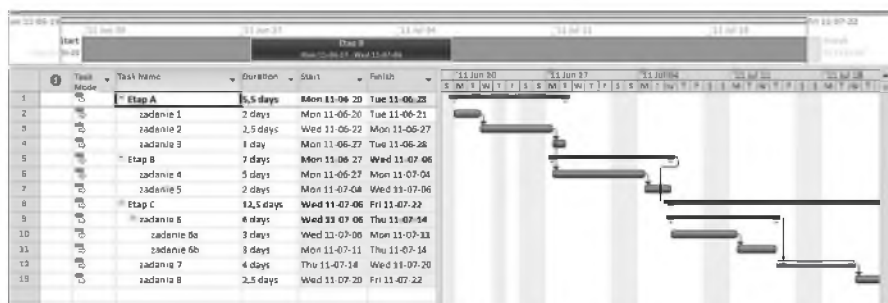
mających spore doświadczenie z pakietem Office – może wydać się intuicyjna, jednak aby poznać wszystkie funkcje, możliwości oraz zasady działania, należy skorzystać z licznej literatury, dostępnych szkoleń stacjonarnych, czy internetowych *screen castów* o tej tematyce. Wdrożenie każdego systemu wspomagania zarządzania projektami łączy się nie tylko ze zdobyciem odpowiednich umiejętności przez kadrę menadżerską. Musi się ono wiązać z minimum podstawowym poziomem szkolenia z zakresu czytania i zrozumienia informacji dostarczanych przez program dla pracowników uczestniczących w realizacjach projektów.

Osobny rozdział w całości został poświęcony potencjalnym przyczynom nieudanej implementacji systemu, który stosowany w niewłaściwy sposób nie tylko nie jest pomocny w sprawnej organizacji zarządzania projektami, a wręcz przeciwnie – może on stać się rozwiązaniem uciążliwym, przez co bezużytecznym.

MS Project jako przykład aplikacji wspomagającej zarządzanie projektami

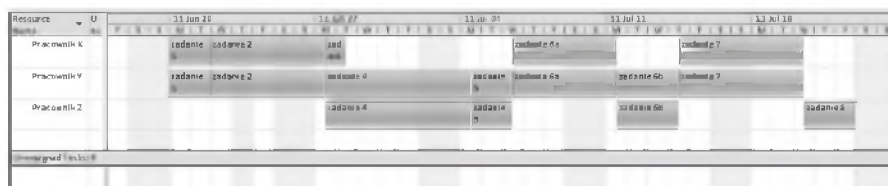
Chociaż na rynku rozwiązań informatycznych z grupy oprogramowania znajdującego zastosowanie we wspomaganiu zarządzania projektami znajduje się wiele pozycji – zarówno płatnych jak i otwartych darmowych programów – to niekwestionowanym liderem rynku tych rozwiązań jest narzędzie będące propozycją firmy Microsoft skierowaną do kierowników projektów.

Oprogramowanie w najprostszej wersji, tj. Standard lub Professional (dający możliwość współpracy z Microsoft Project Server, o którym mowa będzie w następnym rozdziale poświęconym w całości tej odmianie programu), jest stosunkowo łatwe we wdrożeniu – instalacja MS Project nie różni się zbyt od pozostałych składników pakietu Office. Nabycie podstawowych umiejętności dotyczących obsługi programu również nie powinno sprawić większych problemów. Interfejs na pierwszy rzut oka może kojarzyć się z arkuszem kalkulacyjnym, aczkolwiek po prawej stronie obok tabeli, w której znajdują się informacje dotyczące struktury podziału pracy, czasu trwania, dat początkowych i końcowych dla poszczególnych zadań, znajduje się wykres Gantta obrazujący w formie graficznej rozkład poszczególnych czynności w przedziale czasowym oraz zależności występujące pomiędzy tymi zadaniami, jak przedstawiono to na poniższym fragmencie zrzutu ekranowego.



Rys. 53. Wykres Ganta – podstawowy widok w MS Project. U góry tzw. *time line* – na osi czasu umieszczony został przebieg etapu B.

Oprócz podstawowego widoku użytkownik może skorzystać między innymi z arkusza zasobów typu praca, materiał oraz koszt. Dostępny jest również widok przedstawiający szczegółowy rozkład pracy nad poszczególnymi zadaniami, a także niezwykle użyteczny, choć dostępny dopiero od wersji 2010, widok *team planner*. Jak widać na rysunku nr 54 jest to graficzne przedstawienie przydziału zadań do wykonania przez poszczególnych pracowników rozłożone w czasie. To narzędzie może być skutecznym sposobem przekazywania informacji dla zespołu pracującego nad projektem odnośnie tego, co i kiedy pracownicy powinni robić, aby osiągnąć przyjęte daty ukończenia realizacji.



Rys. 54. Widok *team planner* przedstawiający zadania, które mają do wykonania pracownicy.

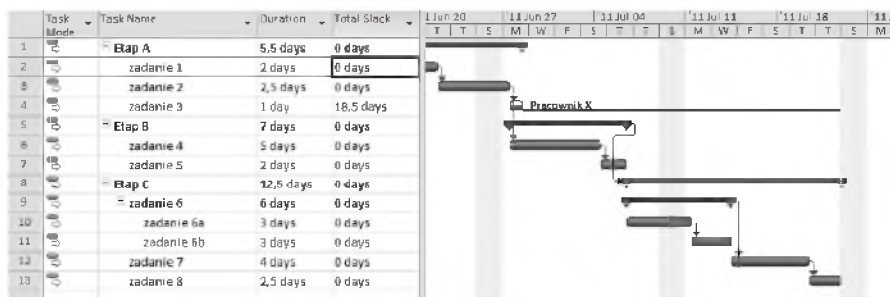
To nie wszystkie konfiguracje widoków, jakie ma do zaoferowania MS Project. Oprócz innych zdefiniowanych układów reprezentacji danych zawartych w programie użytkownik ma możliwość definiowania własnych konfiguracji zawartości prezentacji informacji.

Początek tworzenia projektu należy rozpocząć od zdefiniowania podstawowych ustawień programu. Na początku warto zdefiniować kalendarz pro-

jektu, który uwzględniał będzie odpowiedni dzienny oraz tygodniowy wymiar godzin pracy oraz ewentualny system pracy zmianowej. Uwzględnić należy dni wolne od pracy – weekendy, oraz wypadające w tygodniu święta kościelne i państwowe. Następnym krokiem może być stworzenie struktury podziału pracy – podział projektu na poszczególne zadania przy wykorzystaniu następujących typów zadań dostępnych w programie: zadania zwykłe, sumaryczne, cykliczne oraz punkty charakterystyczne w procesie życia projektu określane mianem kamieni milowych. Różne właściwości poszczególnych zadań, takie jak na przykład czas ich trwania, można zdefiniować na początku, jak również zmieniać na etapie właściwej realizacji. W sytuacjach, gdy z różnych względów trudno jest ustalić jednoznaczny czas trwania zadań, kierownik projektu ma możliwość skorzystania z analizy Pert dającej możliwość zarządzania ryzykiem poprzez rozpatrywanie poszczególnych zadań w kontekście pesymistycznym, optymistycznym oraz pośrednim – przyjmowanym jako najbardziej prawdopodobny. Choć funkcja ta nie jest oficjalnie wspierana przez firmę Microsoft w najnowszej wersji programu, to kod makra Visual Basic autorstwa jednego z pracowników tej firmy wraz z instrukcją instalacji można pobrać z jego bloga³. Stanowi to jeden z przykładów na możliwość nieograniczonego rozszerzania funkcjonalności programu, co może pomóc w dostosowaniu go do specyficznych wymagań konkretnych przedsięwzięć.

Priorytety oraz wynikającą z nich kolejność wykonywania zadań ustala się poprzez połączenie poszczególnych zadań za pomocą relacji. Ukończenie tych czynności pozwala na ustalenie bazowego harmonogramu prac oraz daje pogląd na teoretyczną datę ukończenia projektu jak również poszczególnych jego etapów. Można także skorzystać z narzędzia do wyświetlania ścieżki krytycznej, czyli wyróżnienia tych zadań, które mają wpływ na datę końcową projektu. W przypadku zadań znajdujących się poza ścieżką krytyczną możliwe jest zaobserwowanie zapasu czasowego, dzięki któremu wykonywanie tych zadań można opóźnić bez wpływu na datę zakończenia projektu. Jak wynika z rysunku 55, wszystkie zadania oprócz zadania 3 ze względu na charakter łączących relacji znajdują się na ścieżce krytycznej. Zadanie 3, które rozpoczyna się równolegle z zadaniem 4 posiada aż 18,5 dnia rezerwy. Wartość tę można łatwo odczytać z tabeli po dodaniu odpowiedniej kolumny zawierającej tę informację. Jeśli nie zostanie ona przekroczona, to dopuszczalne jest opóźnienie wykonania zadania 3 spowodowane przykładowo niedostatkami zasobów w danej chwili. Przesunięcie zadania w dopuszczalnych granicach (18,5 dnia) nie będzie miało wpływu na osiągnięcie założonej w planie bazowym daty końcowej.

³ <http://blogs.technet.com/b/projectified/archive/2009/11/24/3296207.aspx>.



Rys. 55. Reprezentacja ścieżki krytycznej projektu oraz możliwego opóźnienia zadań spoza tej ścieżki.

Po stworzeniu i zapisaniu planu bazowego harmonogramu prac następuje dobry moment na zarządzanie zasobami polegające na zdefiniowaniu ilości i sposobu wykorzystania zasobów potrzebnych do realizacji. Te informacje będą użyteczne nie tylko do rozdysponowania zasobów pomiędzy poszczególne zadania wykonywane w odpowiednich przedziałach czasowych, ale także do uzyskania informacji o kosztach związanych z wykorzystaniem poszczególnych zasobów oraz sposobach ich naliczania. Stała kontrola kosztów w trakcie wykonywania projektu już na poziomie poszczególnych zadań w porównaniu z założonym budżetem jest niewątpliwie ważnym atutem tego typu aplikacji. Przy okazji zasobów ludzkich warto zatrzymać się dłużej. MS Project ułatwia zarządzanie informacjami o kompetencjach pracowników, ich dostępności, która może ulegać ograniczeniom ze względu na oddelegowanie do pracy przy innych zadaniach, czy brakiem dostępności niektórych w danym czasie ze względu na ich zaplanowany urlop. Indywidualne kalendarze zasobów pozwalają unikać konfliktów w postaci nadmiernej alokacji zasobów. Z drugiej strony istnieje możliwość ustalenia w łatwy sposób, które zasoby w danym czasie są dostępne, dzięki czemu uzyskuje się znaczną optymalizację jeśli chodzi o wykorzystanie i sposób rozdzielania zasobów. Dotyczy to nie tylko pracowników, ale również maszyn oraz innego typu materiałów. Pula zasobów przedsiębiorstwa może być definiowana na poziomie arkusza programu. Informacje tego typu mogą być zaczerpnięte również bezpośrednio z bazy usługi katalogowej Active Directory.

Praca z programem nie kończy się na zatwierdzeniu planu i ewentualnych zmian. W trakcie realizacji na bieżąco jego kierownicy i uczestnicy powinni uzupełniać aktualny i rzeczywisty postęp działań, z czego wynikają poniesione na odpowiednim poziomie koszty. Na tej podstawie dokonywać można analizy wszelkich odchyleń od pierwotnie założonego planu pod

względem stopnia realizacji zadań na dany dzień, dotrzymywania terminów, nieprzekraczania kosztów. Uzyskane podczas kontroli na etapie realizacji przedsięwzięć wyniki komparacji wartości założonych z rzeczywistymi można przedstawić za pomocą raportów tekstowych i wizualnych.

Platforma EPM (MS Project Server)

Chociaż MS Project w wersji Standard i Professional daje możliwość wymieniać informacji pomiędzy projektami poprzez możliwość łączenia wielu projektów składowych w jeden, to satysfakcjonującym rozwiązaniem w przypadku dużych organizacji, gdzie jedna pula zasobów współdzielona jest podczas realizacji wielu projektów w tym samym czasie zarządzanych przez więcej niż jednego kierownika projektu jest wdrożenie MS Project Server. Aby każdy z nich posiadał jednakowy dostęp do wszystkich danych, informacje te muszą być przechowywane i udostępniane w jednym miejscu. Efekt opracowania przy użyciu MS Project Professional (wersja Standard nie jest składnikiem platformy EPM – nie pozwala na publikowanie na MS Project Server) opublikowany na serwerze zapewni spójność informacji i ich dostępność dla członków zespołów projektowych, kierowników projektów, czy członków zarządu, którzy dzięki temu narzędziu mogą mieć na bieżąco wgląd do informacji o wszystkich projektach realizowanych przez organizację oraz analizować informacje o wszystkich zasobach dostępnych w organizacji⁴.

Wszystkie osoby zainteresowane powyższymi informacjami, a nieposiadające licencji na użytkowanie MS Project Professional mogą skorzystać z zasobów przechowywanych na serwerze przy użyciu przeglądarki internetowej. Rozwiązanie serwerowe to nie tylko możliwość przeglądania informacji. Dzięki temu narzędziu kierownicy projektów mogą przygotowywać i publikować propozycje projektu, czyli szkice, które można przekształcać na pełnowartościowe projekty, gdy zostaną one zatwierdzone do realizacji.

Jeśli chodzi o perspektywę uczestników zespołów projektowych, to dzięki temu narzędziu mają oni możliwość przekazywania informacji o stopniu ukończenia poszczególnych zadań. Mogą także skorzystać z funkcji raportowania okresów swojej nieobecności podczas realizacji projektu jak również publikować informacje dotyczące ryzyka lub problemów wynikających podczas realizacji projektów.

⁴ S. Wilczyński, *MS Project 2007 i MS Project Server 2007. Efektywne zarządzanie projektami*, Gliwice 2008, s. 475.

Przykłady zastosowania komputerowego wspomagania zarządzania projektami

Programy tego typu znajdują zastosowanie w wielu segmentach sektora prywatnego i publicznego. Można by rzec – wszędzie tam, gdzie realizowane są projekty różnej natury. Pierwszym z wielu nasuwających się przykładów są wszelkiego typu inwestycje budowlane niezależnie od skali wielkości. Te przeważnie długoterminowe przedsięwzięcia to nie tylko poszczególne etapy samej realizacji. W trakcie życia takiego projektu należy wziąć pod uwagę przygotowanie planu inwestycji, pozyskanie środków na jej finansowanie, zdobycie wymaganych pozwoleń, wykup gruntów, ogłoszenie przetargu, właściwa realizacja (budowa podzielona na wiele etapów), czynności końcowe – odbiór techniczny, czy w końcu plan uroczystego otwarcia. Oczywiście każdy projekt tego typu, chociaż możliwa jest pewnego rodzaju schematyzacja, będzie składał się z innych wymagań formalnych, czyli grup zadań do wykonania. Zakres dowolnego takiego projektu może być bardzo szeroki i zróżnicowany w zależności od tego, czy mamy do czynienia z budową od początku, czy modernizacją istniejącej infrastruktury, a równie dobrze może to dotyczyć rewitalizacji terenów poprzemysłowych. Nie należy zapominać o projektach równolegle towarzyszących inwestycji – na przykład plan realizacji zapisu konstrukcji wykonywanego przez współpracujące biuro projektowe. W trakcie wdrażania projektów niezmiernie ważna jest bieżąca kontrola ponoszonych wydatków w konfrontacji z zaplanowanym budżetem.

Kolejnym ważnym przykładem może być zarządzanie projektami informatycznymi. W zależności od skali przedsięwzięcia, po zdefiniowaniu funkcjonalności nowej usługi lub wdrożenia, każde wymaga najpierw przeprowadzenia pewnych testów wstępnych, studium przypadków, czy przeglądu dostępnej dokumentacji technicznej, aby bez odczuwalnego potencjalnie niekorzystnego wpływu na użytkowników dokonać odpowiedniego wdrożenia. Należy zaplanować sprawdzanie nowych systemów czy aplikacji z wykorzystaniem dedykowanego i możliwie bliskiego realnym warunkom środowiska testowego. Wszystkie czynności powinny być wykonywane sprawnie i w możliwie krótkim przedziale czasowym, aby osiągnąć wymagany poziom efektywności, a co za tym idzie – opłacalności.

Oprogramowanie wspomagające zarządzanie projektami bez wątpienia ma zastosowanie w organizacji przedsiębiorstw produkcyjnych. W przedsięwzięciach związanych z logistyką również tego typu system zarządzania

powinien się sprawdzić. Banalnym, aczkolwiek wymownym przykładem jest plan i realizacja przeprowadzki. Tego typu narzędzia znajdują zastosowanie także i w takich branżach jak turystyka i rekreacja. Program sprawdzi się przy opracowaniu imprez turystycznych, eventów czy imprez masowych. W zasobach internetowych Microsoftu można (oprócz całej gamy przykładowych plików) pobrać nawet szablon zawierający sekwencję zadań związanych z przygotowaniem do ślubu i przyjęcia weselnego⁵.

Przykłady można by mnożyć, wskazując wszelkie realizacje związane z restrukturyzacją, modernizacją, rewitalizacją i wieloma innymi procesami przemian – wszędzie tam, gdzie potrzebne jest planowanie.

Możliwość niepowodzenia we wdrożeniu systemu

Decydując się na wdrożenie aplikacji MS Project w przedsiębiorstwie w celu usprawnienia procesu zarządzania projektami i przepływu informacji z nimi związanymi, należy mieć świadomość, że jest to jedynie narzędzie wspomagające proces zarządzania, które na pewno nie może zastąpić dobrego przygotowania, umiejętności oraz niezbędnego poziomu doświadczenia menadżera kierującego projektem. Rolą tego typu oprogramowania jest ułatwianie w organizacji pracy, a jest to możliwe jeśli program wykorzystywany jest prawidłowo, a osoba zajmująca się prowadzeniem projektu, posiada dostateczne umiejętności obsługi programu.

Przyczyny potencjalnego niepowodzenia, czyli niespełnienia wymagań stawianych przed tym narzędziem mogą wynikać z wielu różnorodnych problemów. Przede wszystkim należy pamiętać, żeby arkusz projektu był zawsze na bieżąco aktualizowany o występujące zmiany. Obowiązuje tu zasada – im szybciej, tym lepiej. Dokument zawierający nieaktualne dane w trakcie realizacji projektu na ogół jest bezużyteczny.

Inne czynniki wpływające na niedostateczny poziom zadowolenia z tego rozwiązania to na przykład niedostosowanie harmonogramu prac do warunków panujących w przedsiębiorstwie, a szczególnie nieuwzględnianie tzw. czynników przerywających pracę czy wymaganych czynności okołoprojektowych. Każdy, nawet najbardziej misterny plan, może zostać zniweczony poprzez wystąpienie nieplanowanego wielogodzinnego spotkania. Także nieoczekiwany telefon lub e-mail, z którego wynika potrzeba oderwania się od pracy nad przydzielonym

⁵ <http://office.microsoft.com/en-us/templates/>.

zadaniem, automatycznie przesuwając datę zakończenia zadania projektowego. Wszelkiego typu zmiany planu pracy są rzeczą normalną, jednak planując harmonogram, którego efektem jest wyznaczenie kamieni milowych, będących zakończeniem poszczególnych etapów prac, należy wziąć pod uwagę wszelkie możliwe przerwy w realizacji. Łączy się to z koniecznością zredukowania dziennej liczby roboczogodzin zarezerwowanych na czynności stricte produkcyjne z 8 do odpowiednio mniejszej, w zależności jakie czynniki niesprzyjające realizacji planu mogą wystąpić. Inną opcją jest przesunięcie o kilka godzin lub dni daty zakończenia etapu w stosunku do teoretycznie przewidywanego momentu zakończenia prac nad tą fazą realizacji projektu. Wielkość takiego buforu zależy przede wszystkim od całkowitej długości trwania planowanych prac.

Żaden system wspomagający zarządzanie projektami na pewno się nie sprawdzi w przypadku bardzo dużego stopnia zmienności. W przypadku złej organizacji objawiającej się niemal codzienną zmianą idei dotyczącej organizacji pracy, ciągłej zmiany priorytetów jak również zakresu projektu, czy też nieustannym przerzucaniem zasobów w postaci pracowników lub maszyn ze względu na ich niewystarczającą ilość w stosunku do liczby lub wielkości realizowanych projektów w danym czasie dochodzi do chaosu organizacyjnego. Dostosowanie elektronicznego arkusza projektu jest wówczas bardzo trudne, a czasami wręcz niemożliwe staje się utrzymywanie w nim aktualnych danych dotyczących projektów. Taka sytuacja przypomina kalejdoskop i trudno tu spodziewać się sukcesu. Ideą stosowania planów bazowych, nawet w różnych wariantach, jest konsekwentne ich realizowanie, a także przewidywanie wystąpienia potencjalnych problemów z odpowiednim wyprzedzeniem. Stosowanie programu powinno odpowiednio wcześniej dać odpowiedź, czy organizacja dysponuje wystarczającą ilością różnego rodzaju zasobów, żeby móc podjąć się pracy nad projektami, gdyż zasoby, a co za tym idzie moc przerobowa, zawsze posiadają jakieś ograniczenie. Cechą puli zasobów nie jest nieskończoność. Faza planowania jest najlepszym momentem, żeby tego typu problemy przewidzieć.

O satysfakcję z oprogramowania trudno będzie w organizacjach różniących pracowników z każdej roboczogodziny na podstawie założonych celów godzinowych w przypadku, gdy projekt zdekomponowany jest na bardzo wiele krótkich zadań. Co prawda podczas dekompozycji projektu na poszczególne zadania wymagana jest precyzja, ale tworząc strukturę podziału pracy należy stosować się do zasady 8/80, mówiącej o tym, iż czas trwania zadań nie może być krótszy niż 8 a równocześnie nie dłuższy niż 80 roboczogodzin. Nie należy więc zbyt wzdawać się w szczególności, a zamiast opisywać

i rozdzielać faktyczne mechanizmy wymagane do utworzenia każdego komponentu, potwierdzić tylko zakres prac do wykonania⁶.

Jeśli jednak z jakiegoś powodu kontroluje się wydajność pracy w sposób bardzo szczegółowy w oparciu o jednostkowy, a nie grupowy kontekst, wówczas, stosując MS Project jedynie do stworzenia ramowego zarysu projektu, należy powrócić do mikrozarządzania w oparciu o karty pracy nad zadaniami, w których uwzględniony zostanie podział na krótkie zadania wydelegowane do poszczególnych pracowników wraz z czasem zarezerwowanym na wykonanie ich. Na podstawie kart pracy można obliczyć wydajność jednostkową. Dane zsumowane i wprowadzone do programu dadzą pogląd na efektywność pracy grupy, jednak tego typu czynności pochłaniają sporą ilość czasu, a MS Project – przynajmniej w swojej podstawowej konfiguracji – niewiele w takim działaniu może pomóc.

Podsumowanie

Pomyślna restrukturyzacja przedsiębiorstwa polegająca na wdrożeniu systemu wspomagania zarządzaniem projektami już w krótkim czasie powinna przynieść wymierne efekty. Regularne stosowanie tego typu narzędzi ułatwia proces planowania na etapie inicjalizacji projektu, a także zarządzanie zmianami już w trakcie realizacji przedsięwzięcia. Menadżer projektu otrzymuje do dyspozycji potężne narzędzie pozwalające na bieżącą kontrolę postępu prac i ponoszonych kosztów. Odpowiednio wczesne wykrywanie potencjalnych trudności zapobiega sytuacjom stresowym, dając możliwość wczesnego reagowania i znajdowania rozwiązań w kryzysowych przypadkach. Korzystając z tego typu ułatwień kierownik projektu na bieżąco ma świadomość przewidywanych dat zakończenia realizacji, przez co możliwe jest planowanie dat rozpoczęcia nowych projektów, a w przypadku przedsięwzięć realizowanych równolegle łatwiej jest ustalić priorytety poszczególnych zadań. Dzięki możliwości efektywnego i równomiernego przydziału zasobów unika się ich przeciążania, prowadzącego do niskiego poziomu motywacji ze względu na zbyt napięte terminy i cele niemożliwe do zrealizowania ze względu na brak czasu. Z tym wiąże się napięta atmosfera wzajemnych oskarżeń dotyczących niepowodzeń w postaci niedotrzymanych terminów i niskiej jakości efektów przekładających się na słabe wyniki sprzedażowe prowadzące do konfliktów między pracownikami a zarządem.

⁶ J. Phillips, *Zarządzanie projektami IT*, wyd. 3, Gliwice 2011, s. 147.

Stosowanie taktyki długoterminowego planowania w oparciu o poziom stabilności dopuszczający jedynie naprawdę niezbędne zmiany daje poczucie dobrej organizacji, dzięki której załoga ukierunkowana na osiąganie celów stara się je realizować, przyczyniając się do ogólnej poprawy kondycji przedsiębiorstwa. Dzięki dobrej organizacji można znacząco skrócić czas pracy nad projektami, co bezpośrednio przekłada się na spadek kosztów ich realizacji.

Bibliografia

Literatura

Berkun, S., *Sztuka zarządzania projektami*, Gliwice 2006.

Lachiewicz S., Zakrzewska-Bielawska A., *Restrukturyzacja organizacji i zasobów kadrowych przedsiębiorstwa*, Kraków 2005.

Phillips J., *Zarządzanie projektami IT*, wyd. 3, Gliwice 2011.

Sapijaszka Z., *Restrukturyzacja przedsiębiorstwa. Szanse i ograniczenia*, Warszawa 1997.

Wilczyński S., *MS Project 2007 i MS Project Server 2007. Efektywne zarządzanie projektami*, Gliwice 2008.

Wilczyński S., *MS Project 2007. Ćwiczenia praktyczne*, Gliwice 2009.

Netografia

<http://www.msproject.com/>

<http://office.microsoft.com/en-us/project-help/>

<http://www.microsoft.com/poland/office/programs/project/highlights.mspix>

<http://www.microsoft.com/poland/office/servers/projectserver/highlights.mspix>

Inne materiały

Materiały szkoleniowe Microsoft: *Microsoft Office Project 2007, Managing Projects*. Course, USA 2007.

Pomoc programu MS Office Project 2010.

Platforma aplikacyjna SAP HANA jako przykład komercyjnej realizacji technologii In-Memory Computing (IMC)

Marian Krupa, Maciej Pękala

Streszczenie

W niniejszym opracowaniu przedstawiono podstawową ideę przetwarzania w pamięci komputera zbiorów danych, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań biznesowych. Zaprezentowano rozwiązanie technologiczne SAP HANA wraz z krótkim opisem idei tej bazy danych w pamięci oraz dyskusją jego innowacyjności. Zwrócono uwagę na efektywne przetwarzanie w czasie rzeczywistym bardzo dużych zbiorów danych. Przedyskutowano także znaczenie rozwiązania produktu SAP HANA dla biznesu oraz wskazano na korzyści, jakie można odnieść, w szczególność na przewagę konkurencyjną.

Wstęp

Wraz rozwojem technologii informatycznych w drugiej połowie XX wieku nastąpił gwałtowny wzrost zainteresowania przedsiębiorstw aplikacjami, które umożliwiały integrację i automatyzację procesów biznesowych. Rozwój zintegrowanych systemów informatycznych obejmujący fazy rozwiązań klasy MRP, ERP, SOA, BI ukształtował ostatecznie konieczność wypracowania sprawnego modelu zarządzania danymi przetwarzanymi w czasie rzeczywistym. Dostępne technologie umożliwiające przechowywanie i przetwarzanie danych na bazie tradycyjnych rozwiązań bazodanowych ograniczały możliwość pełnego wykorzystania najnowszych rozwiązań analitycznych klasy Business Intelligence.

Firma SAP, jako lider rozwiązań informatycznych dla biznesu, biorąc pod uwagę ograniczenie wynikające z klasycznych rozwiązań, podjęła się zadania wypracowania całkowicie nowego modelu technologicznego opartego na aplikacjach typu „in-memory”. Efektem tych prac, było zaprezentowanie w 2010 roku komercyjnej wersji aplikacji technologicznej o nazwie SAP HANA.

Celem jest opisanie technologii informatycznej In Memory Computing (IMC) zawartej w produkcie SAP HANA firmy SAP oraz wskazanie na klu-

czowe obszary związane z innowacyjnością i konkurencyjnością wynikające z jej wdrożenia w biznesie.

Zwrócono uwagę na rozwiązanie bazodanowe oparte na przechowywaniu dużej ilości danych w kolumnach. Realizacja tej idei stała się możliwa dzięki technologii IMC. Przedstawiono także różnicę pomiędzy strukturą bazy opartą o wiersze a strukturą opartą o kolumny. Istotnym efektem kolumnowej struktury bazy jest kilkukrotna kompresja danych, osiągnięta głównie poprzez usunięcie redundancji informacji.

Ewolucja technologii opartej na „In-Memory Computing (IMC)”

Rozwiązania typu „in-memory” sięgają już pierwszych zastosowań w zakresie budowania systemów informatycznych w oparciu o „Random Access Memory (RAM)”, tj. pamięci o dostępie swobodnym. „W tej pamięci zapisywany jest podczas pracy program, dane i niektóre niezbędne komputerowi do pracy informacje, które noszą nazwę zmiennych systemowych”¹. W przeciwieństwie do pamięci stałej „Read Only Memory (ROM)”, pamięć typu RAM (definiowana również jako pamięć operacyjna) umożliwia bardzo szybkie przetwarzanie danych, jednakże przy stosunkowo niewielkich ilościach danych i bez możliwości ich trwałego zapisu.

Pierwsze próby, prototypy wykorzystania technologii „in-memory” w różnych aplikacjach informatycznych pojawiły się już w końcu lat 90. ubiegłego wieku u różnych producentów, dostawców oprogramowania IT [Pezzini], [Gill]². Jednakże, dopiero w latach 2008-2010 rozpoczęto systematyczne prace nad całkowicie nowym, na wskroś innowacyjnym modelem architektury systemowej definiowanej jako „Im-Memoring Computing (IMC)”.

Współczesna definicja technologii informatycznej opartej na modelu „in-memory” nazywanej „In-Memory Computing (IMC)” jest formułowana w sposób następujący:

Metoda przetwarzania danych polegająca na masowym przeniesieniu danych podstawowych (*primary data*) z napędu dysku twardego (nośnik magnetyczny) do pamięci operacyjnej RAM [Pezzini]³.

¹ M. Pękala, *Wybrane zagadnienia informatyki*.

² J. Gill, *Shifting the BI Paradigm with In-Memory Database Technologies*.

³ M. Pezzini, *The Next Generation Architecture: In-Memory Computing*.

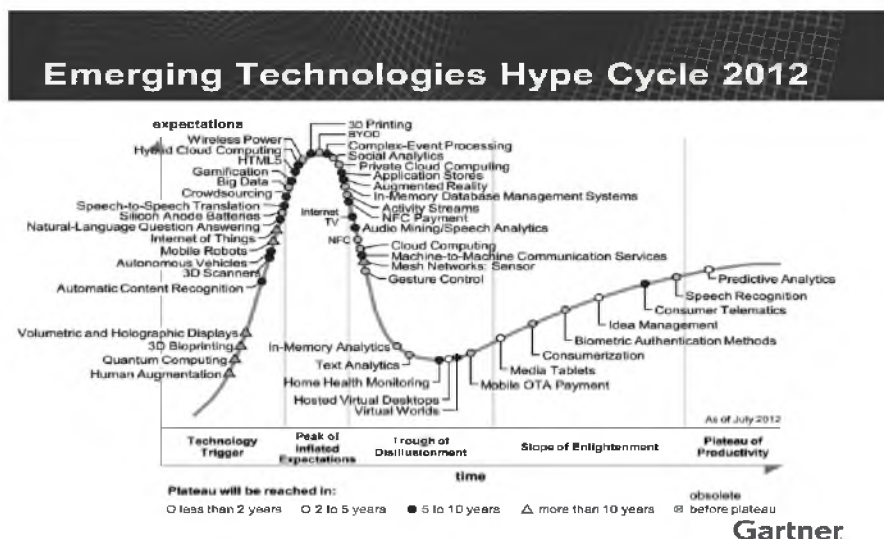
Przechowywanie informacji w pamięci operacyjnej RAM na dedykowanych do tego typu operacji serwerach w przeciwieństwie do wykorzystania skomplikowanych klasycznych rozwiązań bazodanowych wykorzystujących relatywnie powolne dyski twarde [Techopedia]⁴.

Wschodząca technologia (*emerging technology*), która zyskuje na powszechnej akceptacji, umożliwia użytkownikom natychmiastowy dostęp do właściwej informacji co bezpośrednio wpływa na jakość decyzji. Używając technologii „in-memory” dane są zaciągane do pamięci o dostępie swobodnym (RAM) zamiast do twardych dysków w związku z czym, pracownicy działów IT spędzają mniej czasu na prace deweloperskie zarówno w zakresie modelowania struktur danych, mechanizmów wyszukiwania danych, budowania kostek danych czy też projektowania tabel zawierających dane. [Earls]⁵.

W oparciu o przygotowywany cyklicznie raport firmy Gartner dotyczący analizy tzw. „*Emerging Technologies*”, technologia „In-Memory Computing” (IMC) w roku 2012 znajduje się w punkcie na styku fazy definiowanej jako „Peak of Inflated Expectations” oraz „Sliding Into the Trough”. Oznacza to, że IMC jest w wczesnej fazie rozwoju zarówno na płaszczyźnie technologicznej jak i komercyjnej. Jest to typowa sytuacja dla nowych i innowacyjnych technologii. Dlatego też, pierwsze wdrożenia nowych technologii, pierwsze projekty wdrożenia systemów informatycznych, w tym IMC charakteryzują zarówno spektakularne sukcesy jak też ryzyko potencjalnych porażek. Jednakże, w oparciu o wypracowany przez firmę Gartner model „Hype cycle for emerging technologies” (rys. 56) wraz z procesem udoskonalenia technologii jak i samej oferty biznesowej IMC w perspektywie 2–3 lat powinno wejść w fazę „Slope of Enlightenment”, tj. w fazę, w której to kolejne generacje rozwiązań, uzyskują powszechną akceptację ze strony biznesu. Przez co z fazy innowacji technologia przechodzi w fazę masowej implementacji.

⁴ „Techopedia”.

⁵ A. Earls, *Tips on evaluating, deploying and managing in-memory analytics tools*.



Rys. 56. Wschodzące technologie (*Emerging Technologies*) na tle tzw. „mega cyklu” (*Hype Cycle 2012*)⁶.

Obecnie rynek oprogramowania „in-memory”, zgodnie z oceną szacunkową firmy konsultingowej Gartner osiągnie w roku 2016 poziom 1 miliarda USD. Wynika to z konieczności zarówno: 1) wymiany przez organizacje biznesowe przestarzałej technologii służącej do przetwarzania dużej ilości danych i zastosowania bardziej konkurencyjnych i ekonomicznych rozwiązań opartych na technologii IMC jak też, 2) dostrzegania istotnych korzyści biznesowych wynikających z wdrożenia nowej technologii.

Temu procesowi sprzyjać będzie również stały spadek cen w zakresie wymaganej infrastruktury informatycznej, ze szczególnym uwzględnieniem pamięci operacyjnej typu DRAM i NAND. Zgodnie z opinią przedstawioną w cytowanym raporcie, technologia IMC stanowić będzie w najbliższych trzech latach, główny element strategii wzrostu wartości organizacji na całym świecie⁷.

⁶ *Gartner's Software Hype Cycles for 2012*, www.infoq.com/news/2012/08/Gartner-Hype-Cycle-2012 [18.07.2013].

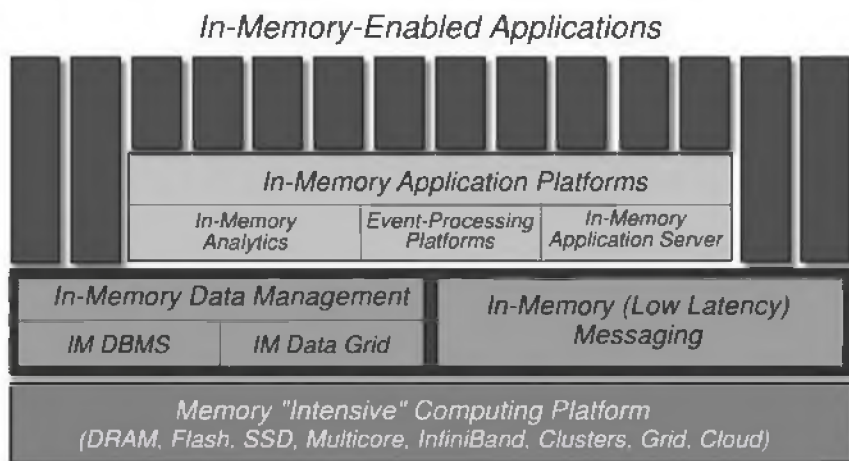
⁷ *Gartner Says In-Memory Computing Is Racing Towards Mainstream Adoption*, notatka opublikowana 3 kwietnia 2013, www.gartner.com/newsroom/id/2405315 [18.07.2013].

Systematyka rozwiązań informatycznych opartych o technologię „In-Memory Computing”

Fundamentem technologii IMC jest możliwość wykorzystania dużej ilości pamięci operacyjnej RAM (128 GiB⁸, 256 GiB, 512 GiB, 1 TiB lub więcej w zależności od wymaganej mocy serwera) w celach obliczeniowych, zbliżonych do czasu rzeczywistego (*Real-Time Computing*).

W ramach technologii IMC możemy wyróżnić następujące kategorie rozwiązań (rys. 57):

- programy informatyczne pracujące w oparciu o „in-memory”;
- platformy informatyczne realizujące zadania o charakterze analitycznym, transakcyjnym i sprzętowym (*Application Server*);
- zarządzania danymi (*DBMS*, *Data Grid*), jak też komunikatory w zakresie przesyłania danych w czasie rzeczywistym;
- platformy wspierające przetwarzanie olbrzymich ilości danych (*DRAM*, *Flash*, *SSD* itd.)

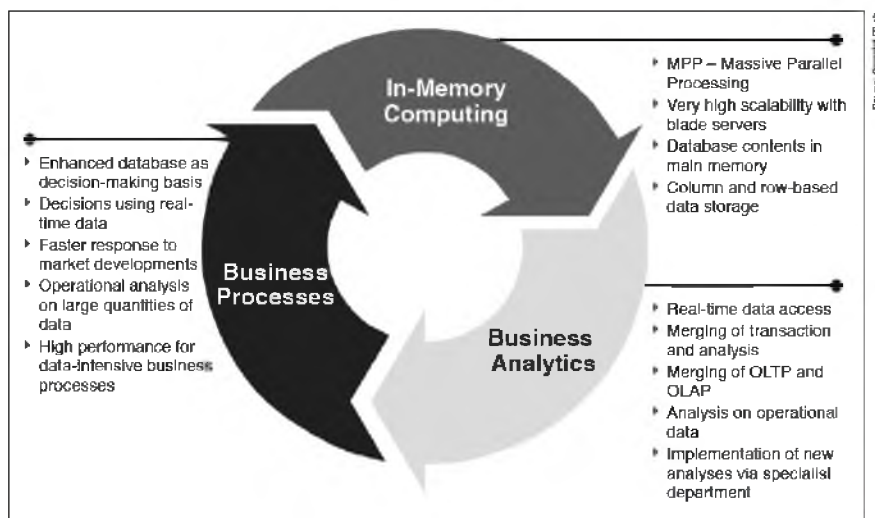


Rys. 57. Systematyka technologii opartych o model „In-Memory Computing” [Pezzini]⁹.

⁸ GiB, TiB oznaczenie mnożników binarnych ($Gi = 2^{30}$, $Ti = 2^{40}$) dla uniknięcia nieporozumienia przez użycie zapożyczonych z SI i stosowanych oznaczeń GB, TB co sugeruje mnożniki o podstawie 10 ($G = 10^9$, $T = 10^{12}$).

⁹ M. Pezzini, *op. cit.*

Do podstawowych elementów technologicznych i zarazem innowacyjnych rozwiązań informatycznych opartych na modelu IMC należy zaliczyć: „Multi-Core Memory Management (MCMM)”, „Massive Parallel Processing (MPP)”, „Column Based Data Storage (CBDS)” oraz „Data Mart (DM)”. Wpisują się one w model wzajemnych integracji technologia (In-Memory Computing) – biznes (Business Analytics / Business Processes) (rys. 58).



Rys. 58. Model wzajemnych interakcji technologia – biznes [Merz, Simon]¹⁰.

Obecnie najbardziej znanymi rozwiązaniami opartymi na IMC są: SAP HANA (SAP), SolidDB (IBM), Times Ten (Oracle), Terracotta BigMemory (Software AG), MemSQL (MemSQL), Kognitio Analytical Platform (Kognitio), Manifact (Manifact). Należy jednak pamiętać, że nie wszystkie dostępne na rynku produkty spełniają w pełni standardy technologii IMC.

Do współczesnych rozwiązań sprzętowych pracujących w oparciu o technologię IMC należy zaliczyć m.in.: SAP HANA Appliance (SAP), Microsoft Parallel Data warehouse (Microsoft), Netezza Data Warehouse Appliance (IBM), Vertica Analytics Platform (HP), Active Enterprise Data Warehouse 5600 (Teradata), Oracle Exadata Database Machine (Oracle), Greenplum Data Computing Appliance (EMC).

¹⁰ M. Merz, T. Simon, *In-memory computing – a paradigm shift for the data warehouse*.

Innowacyjność technologii informatycznej opartej na nowoczesnych rozwiązaniach „In-Memory Computing”

Kluczowym aspektem innowacyjnym w technologii IMC jest tzw. „**Multi-Core Memory Management**” (MCMM). Zarządzanie pamięcią zarówno w oparciu o procesy wielordzeniowe jak i przetwarzanie danych za pomocą obliczeń równoległych pozwala na znaczny wzrost sprawności każdego systemu, ze szczególnym uwzględnieniem analiz prowadzonych na bardzo dużych zbiorach danych.

Niezwykle użytecznym elementem IMC jest również możliwość przechowywania dużej ilości danych w kolumnach (**Column Based Data Storage**), co umożliwia szybsze wyszukiwanie odpowiednich rekordów oraz efektywniejsze wykorzystanie mechanizmów kompresji danych.

Tabela 3. Przykład zastosowania systemu zarządzania danymi opartego na modelu „Column Based Data Storage”

Stock	Product	Sales
Germany	A	1,000
Germany	B	1,500
France	A	1,100

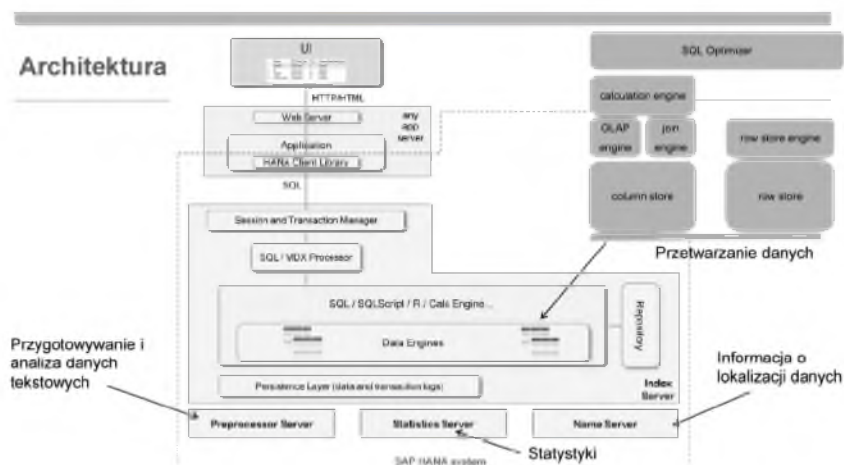
Row-oriented:		Column-oriented:	
Row 1	Germany	Column 1	Germany
	A		Germany
	1,000		France
Row 2	Germany	Column 2	A
	B		B
	1,500		A
Row 3	France	Column 3	1,000
	A		1,500
	1,100		1,100

Table: Difference between row-oriented and column-oriented data storage

Źródło: [Merz, Simon]¹¹.

W technologii SAP HANA zastosowano przetwarzanie kolumnowe, co pozwoliło na kilkukrotną kompresję danych oraz zastosowania technik analitycznych, które przy tradycyjnym dyskowym składowaniu danych wymagały wstępnej agregacji danych i stosowania technologii hurtowni danych. Schemat powyższego rozwiązania przedstawia rysunek 59.

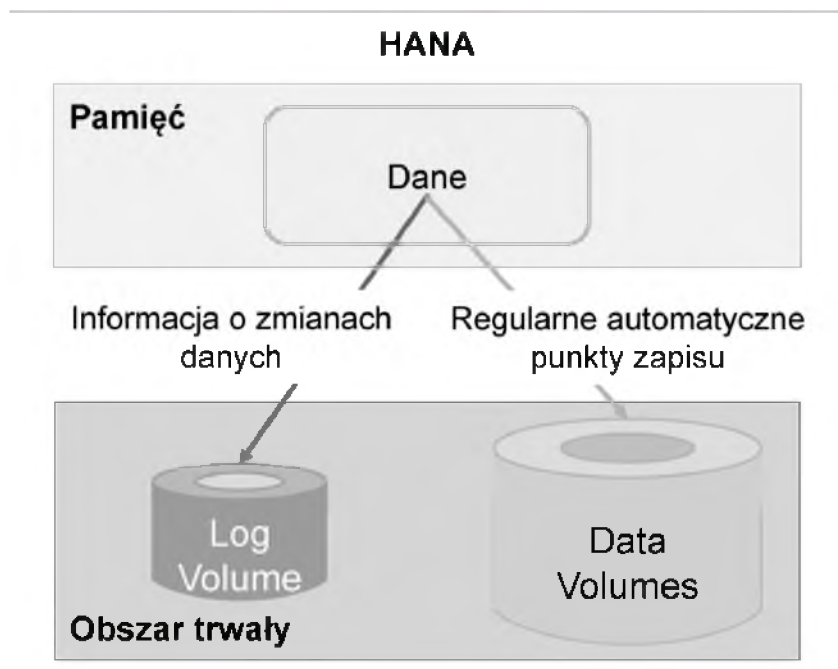
¹¹ M. Merz, T. Simon, *In-memory computing...*, op. cit.

Rys. 59. Architektura rozwiązania SAP HANA [Dworak]¹².

Warto zwrócić uwagę na fakt, że HANA jest kolumnową bazą danych rezydującą w pamięci, która realizuje wszystkie funkcje klasycznej bazy danych. Dane wprowadzane do systemu są wprowadzane wprost do pamięci i od razu mogą być wykorzystane zarówno w przetwarzaniu transakcyjnym jak i analitycznym. Ponieważ pamięć operacyjna (RAM) jest bardzo wrażliwa na zaniki pamięci powstaje oczywiste pytanie o bezpieczeństwo danych w bazie typu „in-memory”. W rozwiązaniu SAP HANA [Dworak]¹³ zastosowano szybkie dyski do bieżącego zapisu danych przechowywanych w pamięci. W pamięci przechowujemy dane oraz dodatkowe informacje takie jak np. modele danych, aby uzyskać maksymalną prędkość przetwarzania. Natomiast na dyskach stanowiących z pamięcią całość technologiczną dane zawarte w pamięci zapisywane są w dwóch obszarach: logów i punktów zapisu (ang. savepoint). Logi zawierają informacje o zmianach danych (redo log), są bezpośrednio zapisywane w sposób trwały po potwierdzeniu transakcji oraz są nadpisywane cyklicznie, czego warunkiem jest wykonanie backup'u. Zmienione dane oraz obszar „undo” zapisywane są do postaci trwałej w sposób cykliczny nie rzadziej niż co 5 minut, czas ten jest konfigurowalny. Rys. 5. przedstawia schemat techniczno-funkcjonalny rozwiązania.

¹² K. Dworak, *Architektura rozwiązania Business Suite na platformie SAP HANA*.

¹³ *Ibidem*.



Rys. 60. Bezpieczeństwo danych w rozwiązaniu SAP HANA [Dworak]¹⁴.

Kolejnym elementem w zakresie innowacji jest rozwiązanie typu „**Data Mart**” (tzw. „tematyczne hurtownie danych”). Powyższa funkcjonalność, w przeciwieństwie do typowych hurtowni danych, umożliwia grupowanie danych według kategorii obejmujących wybrane obszary działalności przedsiębiorstwa (oddziały, departamenty) takie jak: finanse, sprzedaż, logistyka, marketing itd. lub według uporządkowania procesowego czy też projektowego. Rozwiązania typu IMC umożliwiają budowanie tematycznych hurtowni danych zarówno opartych o klasyczne hurtownie danych lub całkowicie od nich niezależne. W pierwszym przypadku kluczową kwestią jest zapewnienie spójności pomiędzy hurtownią danych a „data mart”-ami w obszarze definicji, aktualizacji i zarządzania¹⁵.

W oparciu o dane branżowe możemy przedstawić dwa podejścia do przechowywania danych w „data mart”-ach¹⁶:

¹⁴ *Ibidem*.

¹⁵ *Data mart – tematyczna hurtownia danych.*

¹⁶ *Ibidem*.

„Data Mart”-y bazodanowe – lub też ekstrakty w postaci plików tekstowych – jednowymiarowe, niezagregowane zbiory danych. Bardzo często przetwarzanie i agregacja danych odbywa się po stronie aplikacji do raportowania.

Wielowymiarowe tematyczne hurtownie danych (MDDB) – dane sumaryczne zorganizowane w strukturze wielowymiarowej. Kalkulacje wykonywane są tylko raz w momencie tworzenia struktury wielowymiarowej i gotowe do analiz biznesowych w kategorii OLAP.

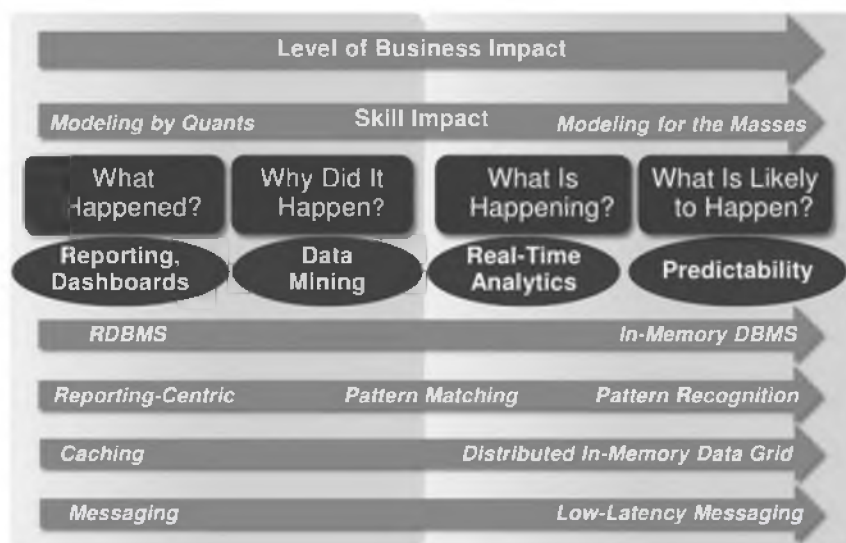
Pomimo wielu podobieństw w zakresie budowy architektury systemu, „data-mart” różni się w sposób zasadniczy od klasycznych hurtowni danych. Kluczowym aspektem jest metoda porządkowania danych, przez co te dwa systemy zarządzania danymi zawierają inną strukturę jak i sam zakres danych¹⁷.

Użyteczność technologii informatycznej opartej na „In-Memory Computing” w biznesie

Wdrożenie technologii informatycznej opartej na „In-Memory Computing” (IMC) umożliwia uzyskanie wielu korzyści biznesowych w zakresie opracowywania wielowymiarowych raportów i analiz w czasie rzeczywistym opartych przede wszystkim na następującej innowacji technologicznej: przetwarzanie wielkiej ilości danych następuje w pamięci operacyjnej bez konieczności wykorzystania w sposób tradycyjny dysków twardych.

Zakres innowacyjności technologii IMC jest bardzo szeroki. Z punktu widzenia potrzeb biznesu, na szczególną uwagę zasługuje zestaw funkcji analitycznych niedostępnych w klasycznych aplikacjach bazodanowych (rys. 61). Zawierają one możliwość już nie tylko zestawienia odpowiedzi na pytanie typu „Co się wydarzyło w firmie?” ale również znalezienie odpowiedzi typu: „Dlaczego się to wydarzyło?”, „Jak wygląda obecnie sytuacja?” czy też „Co prawdopodobnie wydarzy się w przyszłości?”. Na powyższe pytania rozwiązania analityczne oparte o IMC dostarczają odpowiedzi natychmiast, tzn. „w czasie rzeczywistym”. Wszelka modyfikacja samego zapytania oraz funkcja typu „drill-down” umożliwia uzyskanie odpowiedzi również w sposób natychmiastowy.

¹⁷ B. Inmon, *Data Mart Does Not Equal Data Warehouse*.



Rys. 61. Zestaw funkcji analitycznych niedostępnych w tradycyjnych aplikacjach bazodanowych [Pezzini]¹⁸.

W oparciu o przeprowadzone analizy (Gartner) wskazano, że w sposób szczególny zmiany technologiczne oparte o IMC będą dotyczyć takich sektorów gospodarki jak (rys. 62): reklama, bankowość, rynki kapitałowe, sektor energetyczny i usługi użyteczności publicznej, wywiad, transport i logistyka, media, wojskowość, gry on-line i rozrywka, sprzedaż, usługi typu SaaS (oprogramowanie jako usługa), usługi telekomunikacyjne oraz sprzedaż internetowa.

¹⁸ M. Pezzini, *op. cit.*

High	Advertising Banking Capital markets Energies and utilities Intelligence Transportation/Logistics Media	Military Online gaming/entertainment Retail SaaS Telecom Web commerce
Medium	Automobile Central government CPG Healthcare Insurance Manufacturing Pharma	
Low	Construction Education Engineering Local government Mining	

Rys. 62. Wpływ IMC na poszczególne sektory gospodarki [Pezzini]¹⁹.

Na podstawie już zdobytych doświadczeń biznesowych oraz realizowanych prac projektowych można stwierdzić, że zakres zastosowania technologii IMC w biznesie jest praktycznie nieograniczony. Świadczą o tym kolejne aplikacje, które usprawniają pracę we wszystkich kluczowych obszarach funkcjonowania IT w organizacjach zarówno o strukturze korporacyjnej jak i sektora Małych i Średnich Przedsiębiorstw (MŚP).

SAP HANA (High Performance Analytic Appliance) – opis rozwiązania informatycznego firmy SAP opartego na technologii „In-Memory Computing”

Pierwsze prace obejmujące zastosowanie technologii „in-memory” w nowym wymiarze HANA (Hasso’s New Architecture) były prowadzone w sposób udokumentowany przez Hasso Plattner Institute i Stanford Uni-

¹⁹ *Ibidem*.

versity od 2008 roku²⁰. Próbowano opracować całkowicie nową architekturę oprogramowania, które umożliwiłoby przeprowadzania zaawansowanych i złożonych analiz danych w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem technologii „in-memory”.

Producent, firma SAP, wykorzystał własne wcześniejsze doświadczenia w zakresie zastosowania technologii „in-memory” z takich pionierskich aplikacjach jak: *Business Warehouse Accelerator* (BWA), *Advanced Planning and Optimization* (APO) czy też pakiet rozwiązań w ramach *CRM Segmentation, By Design (analytics)* i *Enterprise Search* oraz rodziny aplikacji SAP Sybase.

Ostatecznie, całkowicie nowa platforma SAP HANA (High Performance Analytic Appliance²¹), stanowiąca obecnie podstawę oprogramowania firmy SAP, została po raz pierwszy zaprezentowana publicznie 20 listopada 2010 roku jako produkt komercyjny w wersji SP0 w trakcie SAP TechEd 2010 w Berlinie. Jest to data, która stanowi punkt odniesienia do kolejnych wersji oznaczanych w kategoriach od SP0 do SP6 – tj. obecny poziom tzw. „Support Package Release” opublikowany w dniu 28 czerwca 2013 roku²². Pierwsze komercyjne wdrożenie SAP HANA nastąpiło już w grudniu 2011 w ramach projektu „Strategic Workforce Planning”²³.

Należy zwrócić szczególną uwagę na fakt, zgodnie z publiczną wypowiedzią Hasso Plattnera (współzałożyciela oraz przewodniczącego rady nadzorczej firmy SAP – stan na rok 2012), że rozwiązanie SAP HANA stanowi „de facto” tzw. „‘versionless’ system”, czyli oprogramowanie, który podlega jedynie systematycznie planowanym uaktualnieniom, a nie klasycznemu wersjonowaniu uzyskanemu poprzez zastosowanie uciążliwych działań w postaci wdrażania tzw. „upgradow”. Do dnia 28 czerwca 2013 roku firma SAP opublikowała następujące „support packages” (uaktualnienia) dla platformy SAP HANA²⁴:

- SP0 – 20 listopada 2010; pierwsza publiczna prezentacja SAP HANA;
- SP1 – 20 czerwca 2011; ogólnie dostępny produkt komercyjny SAP HANA (tzw. „General Availability” – GA);
- SP2 – 27 czerwca 2011; rozwój funkcji tzw. „Data Mart” (tematyczna hurtownia danych);

²⁰ S. Vishal, *Timeless Software*.

²¹ Desmond, *SAP HANA – Updating the Naming Conventions*.

²² *Unveiling SAP TechEd 2010*.

²³ <http://timoelliott.com/blog/2010/12/sap-introduces-first-hana-enabled-application-links-and-screen-shots.html>.

²⁴ J. Appleby, *Updated: The SAP HANA FAQ - answering key SAP In-Memory questions*.

- SP3 a.k.a HANA 1.5 – 7 listopada 2011; rozszerzenie HANA dotyczące integracji z hurtownią danych SAP Business Warehouse (BW); tzw. „Project Orange”;
- SP4 – maj 2012; kolejne rozszerzenie o nowe funkcje w ramach SAP BW;
- SP5 – listopad 2012; prezentacja “Extended Application Services (REST driver)”;
- SP6 – 28 czerwca 2013; prezentacja najnowszego „support packages” dla SAP HANA.

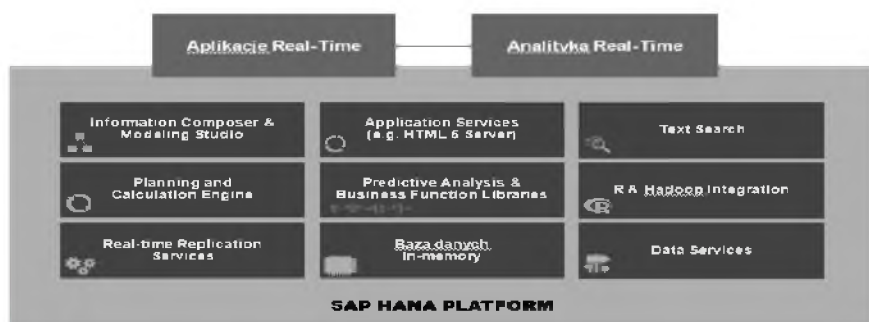
W ramach poszczególnych „support packages” i niezależnie od rozwoju samego rdzenia platformy SAP HANA (czy też HANA DB - rozwiązanie obejmujące pracę w ramach hurtowni danych) firma SAP dodatkowo opracowała w latach 2011–2013 m.in. takie komponenty jak: SAP HANA Studio – zestaw narzędzi służących do konfiguracji i modelowania danych; SAP HANA Appliance – serwery certyfikowane przez firmę SAP, dedykowane do obsługi rozwiązań SAP HANA DB, jak też zestaw narzędzi do transformacji i replikacji danych; SAP HANA One – dostosowanie platformy HANA do jej wykorzystania w ramach Amazon Web Services (AWS) w wersji SAP HANA Enterprise Cloud – infrastruktura umożliwiająca pracę w technologii tzw. „chmury” (Cloud Computing) dostosowana do platformy HANA.

W Polsce pierwsza umowa na wdrożenie platformy SAP HANA została podpisana 5 kwietnia 2011 roku przez firmę SAP Polska oraz Grupę CEDC – wiodącego światowego producenta wyrobów alkoholowych, notowany na giełdach w Nowym Jorku i Warszawie. Zgodnie z opublikowaną notatką prasową „CEDC zamierza wykorzystać rozwiązanie SAP HANA w tworzeniu spójnej platformy hurtowni danych do celów przetwarzania danych finansowych i raportowania. Wykorzystanie rozwiązania in-memory firmy SAP ma na celu zwiększenie wydajności i szybkości raportowania, a także uproszczenie procesów konsolidacji finansowej”²⁵.

SAP HANA jest nowoczesną platformą informatyczną do masowego przetwarzania danych w czasie rzeczywistym opartą o technologię In-Memory Computing (IMC).

Wpisują się one w „otwartą” architekturę HANA, która umożliwia integrację z wieloma aplikacjami zarówno firmy SAP jak też „non-SAP” (rys. 8).

²⁵ Grupa CEDC wdroży rozwiązanie „in-memory” SAP HANA.



Rys. 63. Platforma SAP HANA²⁶.

Platforma HANA może być dostarczana zarówno w oparciu o stacjonarne serwery w ramach SAP HANA Appliance jak też w technologii „chmury” – SAP HANA Enterprise Cloud.

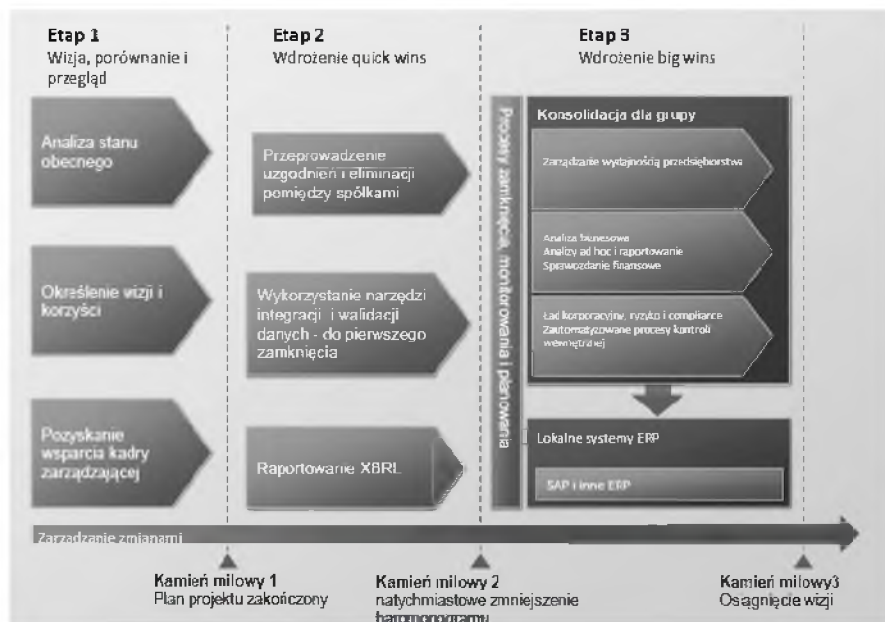
Metodyka wdrożenia rozwiązania SAP HANA – studium przypadku projektu wdrożenia SAP HANA w Grupie CEDC

Realizacja wdrożenia każdego systemu informatycznego, w tym SAP HANA wymaga odpowiedniego zaplanowania i potem realizacji. Profesjonalizm w powyższym zakresie jest kluczowym elementem zapewniającym uzyskanie sukcesu we wdrożeniu nie tylko w zakresie celów projektowych, informatycznych ale przede wszystkim biznesowych.

W oparciu o doświadczenie wypracowane przez firmę SID Group²⁷ w trakcie realizacji projektu wdrożenia SAP HANA w Grupie CEDC możemy wskazać na trzy etapy prac wdrożeniowych. Każdy z tych etapów kończy się precyzyjnie zaplanowanym i zdefiniowanym efektem, określanym w praktyce projektowej jako „kamień milowy” (rys. 64).

²⁶ SAP HANA oraz SAP HANA Platform – Technical Overview Driving Innovations in IT and in Business with In-Memory Computing Technology.

²⁷ <http://blog.sidgroup.pl/sid-group-jako-pierwsza-firma-w-polsce-wdraza-rozwiazanie-sap-hana>.



Rys. 64. Plan wdrożenia rozwiązania SAP HANA w Grupie CEDC²⁸.

Pierwszy etap zawiera opracowanie wizji biznesowej dla zadań informatycznych, co umożliwia precyzyjną ocenę sukcesu lub porażki realizowanego przedsięwzięcia. Do podstawowych zadań w tym etapie jest opracowanie wizji zmian oraz oczekiwanych korzyści biznesowych oraz pozyskanie wsparcia kadry zarządzającej, tzw. sponsora, w zakresie sprawnego zarządzania projektem – aspekt decyzyjny. Etap pierwszy kończy się podpisanym dokumentem definiowanym jako koncepcja biznesowa projektu wdrożenia nowego rozwiązania.

Etap drugi obejmuje realizację działań wdrożeniowych w tych obszarach, które zapewniają szybkie efekty (tzw. „quick wins”) w postaci wymierzonych korzyści biznesowych. W przypadku wdrożenia SAP HANA w Grupie CEDC wskazano na trzy aspekty: 1) przeprowadzenie uzgodnień i eliminacji korespondencji między spółkami; 2) wykorzystanie narzędzi integracji i walidacji danych oraz 3) raportowanie w formacie XBRL²⁹. Etap drugi kończy się zamknięciem części zadań wpisanych w harmonogram wdrożenia.

²⁸ P. Majewski, J. Bugajski, M. Sawczuk, *SAP HANA. Nowoczesna analityka i wsparcie dla konsolidacji finansowej*.

²⁹ eXtensible Business Reporting Language.

Etap trzeci wskazuje na działania mające na celu realizację kluczowych założeń (wizji) projektu (tzw. „big wins”). W tym etapie są realizowane zadania, które generują największą wartość ale równocześnie są najbardziej złożone i wymagają pełnego zaangażowania zarówno ze strony wykonawcy jak i zamawiającego. W przypadku projektu wdrożenia w Grupie CEDC głównym celem było opracowanie systemu konsolidacji całej grupy ze szczególnym zwróceniem uwagi na aspekty raportowania i analiz biznesowych. Efektem tego etapu, obok formalnych kwestii odbioru poszczególnych elementów nowego systemu było osiągnięcie wizji zapisanej w etapie pierwszym w postaci koncepcji biznesowej.

Analiza innowacyjności i konkurencyjności pakietu SAP HANA

Zdobyte już doświadczenie w zakresie wdrożeń SAP HANA opartych o technologię In-Memory Computing (IMC) wskazuje na dwa typy innowacji, tj. **innowacje sprzętowe** i innowacje obejmujące **oprogramowanie SAP**.

W pierwszym przypadku – innowacje sprzętowe (SAP HANA Appliance) – dają możliwość wykorzystania przede wszystkim wielordzeniowej architektury (multi-core database), co umożliwia bardzo dużą przepustowość danych na poziomie 100 GB/s przy równoczesnym dramatycznym spadku ceny w stosunku do wydajności, co jest niezwykle istotne z punktu widzenia planowanych inwestycji w obszary IT³⁰.

W zakresie innowacji w obszarze samego oprogramowania uzyskujemy takie funkcje jak: równoczesne zastosowanie kolumnowych i wierszowych struktur baz danych, znacząca poprawa kompresji danych, lepsze partycjonowanie, brak tabel zagregowanych jak też ładowanie danych przez zmianę (przyrost), tzw. „deltę”³¹.

Do kluczowych zalet wynikających z wdrożenia SAP HANA w organizacji możemy zaliczyć^{32 33 34}:

- umożliwia uzyskanie na jednej platformie analityki, danych operacyjnych oraz zarządzania strategicznego,;

³⁰ *Ibidem.*

³¹ *Ibidem.*

³² *Ibidem.*

³³ M. Salwin, *Kilka słów na temat SAP HANA*.

³⁴ *SAP Product Road Map SAP HANA / Road Map Revision*.

- jest rozszerzeniem obecnych systemów, a nie zastępuje ich;
- umożliwia podejmowanie lepszych decyzji biznesowych poprzez zwiększenie widoczności dużej ilości danych biznesowych;
- o wiele szybsza reakcja na zdarzenia biznesowe – krótszy czas dzięki analizie w czasie rzeczywistym i raportowaniu danych operacyjnych,
- większa elastyczność, dzięki innowacyjnym scenariuszom analityki i raportowania w czasie rzeczywistym;
- znaczne skrócenie czasów potrzebnych na wykonywanie raportów w systemach klasy BI, w których zastosowano SAP HANA;
- możliwość zastosowania jako samodzielnego elementu pełniącego rolę hurtowni danych;
- brak konieczności zakupu licencji oprogramowania serwera baz danych w porównaniu do architektury wykorzystującej BW jako hurtownię danych;
- łatwa integracja z innymi systemami SAP.

Ponadto, w oparciu o przeprowadzone badania firmy SAP opracowano zestawienie dziesięciu powodów, dla których klienci wybierają właśnie rozwiązanie SAP HANA³⁵:

- **Szybkość** – możliwość zarządzania dużymi wolumenami danych z niewiarygodną szybkością;
- **elastyczność** – możliwość korzystania z informacji w czasie rzeczywistym, co bezpośrednio umożliwia uzyskanie przewagi konkurencyjnej;
- **dowolne źródło danych** – możliwość uzyskania informacji z danych strukturalnych i niestukturalnych;
- **wgląd** – wykorzystanie nowych możliwości pozyskiwania informacji na podstawie złożonej analizy predykcyjnej;
- **aplikacje nowej generacji** – uzyskanie przewagi technologicznej;
- **chmura** – dostęp do jednej z najbardziej zaawansowanych platform przetwarzania danych w tzw. „chmurze”;
- **innowacyjność** – zastosowanie optymalnej platformy dla inicjowania innowacji w biznesie;
- **prostota i ekonomiczność rozwiązania** – zarządzanie mniejszą liczbą warstw i prostszą infrastrukturą, obniża się dzięki temu koszty;
- **wartość** – wprowadzanie nowych rozwiązań bez zakłóceń działalności przy równoczesnym zwiększaniu wartości wcześniejszych inwestycji w IT;
- **wyбір** – możliwość pracy z wybranymi partnerami wdrożeniowymi w danym obszarze.

³⁵ Top 10. Dziesięć powodów, dla których klienci wybierają rozwiązanie SAP HANA.

W zakresie zarządzania dużymi wolumenami danych z niewiarygodną szybkością przeprowadzone badania wskazują wzrost na poziomie 3600 razy szybciej niż przed wdrożeniem SAP HANA (rys. 65).



Rys. 65. Zestawienie wyników badania w zakresie wykorzystania platformy SAP HANA³⁶.

Wyniki klientów mogą być inne i zależą od konfiguracji systemu. Na rysunku 8, po lewej: Na podstawie wyników testów przeprowadzonych przez SAP z użyciem danych klienta z branży budowlanej pochodzących z transakcji w oprogramowaniu SAP Business Suite. Zapytania były przetwarzane średnio 3600 razy szybciej niż w oprogramowaniu SAP Business Suite z tradycyjnymi, dyskowymi bazami danych. Wyniki te osiągnięto przy zastosowaniu oprogramowania SAP HANA 1.0 na jednym czteroprocessorowym serwerze z 8 rdzeniami (częstotliwość taktowania 2,27 GHz), z 0,5 TB pamięci głównej, dyskiem SSD o pojemności 2 TB oraz kartą sieci Ethernet o szybkości transmisji 1 Gb/s, z systemem operacyjnym typu open source. Na rysunku 8, po prawej: Na podstawie wyników testów przeprowadzonych przez SAP z użyciem 460 miliardów wierszy danych z punktów sprzedaży, dostarczonych przez klienta będącego czołowym dostawcą artykułów konsumpcyjnych. Wyniki te osiągnięto, przetwarzając typowe zapytania biznesowe na 10-węzłowej platformie z oprogramowaniem SAP HANA 1.0. Każdy węzeł stanowił jeden czteroprocessorowy serwer z 8 rdzeniami (częstotliwość taktowania 2,27 GHz), z 0,5 TB pamięci głównej, dyskiem SSD o pojemności 2 TB oraz kartą sieci Ethernet o szybkości transmisji 10 Gb/s, z systemem operacyjnym typu open Source.

³⁶ *Ibidem.*

³⁷

To co wyróżnia platformę HANA w porównaniu z klasycznymi rozwiązaniami bazodanowymi to: 1) możliwość integracji danych zarówno OLTP jak OLAP³⁸; 2) kolumnowa agregacja danych z wysokim poziomem kompresji; 3) 100% przetwarzanie danych w pamięci DRAM; 4) uproszczona liniowa struktura danych (*Stack*) (rys. 66).

What Makes SAP HANA So Unique?



100%
In-Memory computing
Allow OLTP & OLAP
processing in real-time



5-20x
Compression
Column based compression



10-10,000x
Faster
Massive parallel scaling

How Does SAP HANA Compare?

Technology & Value	Classic DB	SAP HANA
OLTP+OLAP One source of the truth	—	✓
Column-based Data compression / efficient storage	—	✓
100% DRAM Shared-nothing MPP	—	✓
Simplify Stack DB + Application Server	—	✓
HA/DR 24x7 mission critical applications (e.g. Suite)	✓	✓

Rys. 66. Porównanie platformy SAP HANA do klasycznych rozwiązań bazodanowych³⁹.

Kolejny przykład korzyści z zastosowania SAP HANA znajdujemy w referacie Anny Różyckiej⁴⁰, w którym m.in. przedstawiono wyniki testu firmy SAP. Test prowadzony był w oparciu o harmonogramowanie 763 000 planów prac w obszarze budownictwa. W klasycznej technologii z bazą zapisaną na dyskach pierwsza próba skończyła się wynikiem „time out”, system nie był w stanie jej zrealizować. Podzielono zatem prace na grupy po 100 000, co system potrafił już przetworzyć. Sumaryczny czas realizacji zadania wyniósł 17 godzin. Na platformie HANA pierwszy przebieg dla wszystkich 763 000 planów trwał 30 minut, natomiast kolejne już tylko 48–50 sekund!

W wymiarze korzyści biznesowych SAP HANA wspiera organizacje m.in. w następujących obszarach⁴¹:

Bardziej efektywne zarządzanie energią – przedsiębiorstwa użyteczności publicznej wykorzystują rozwiązanie SAP HANA do przetwarzania i analizy

³⁸ OLTP – On-line Transaction Processing, OLAP – On-line Analytical Processing.

³⁹ Top 10 – Why SAP HANA.

⁴⁰ A. Różycka, SAP HANA dla biznesu. Czy to się może opłacać.

⁴¹ *Faster, Higher, Stronger: In-Memory Computing Description and What SAP Means for Your Organization.*

dużych ilości danych generowanych przez inteligentne mierniki, poprawy efektywności energetycznej i wdrażania inicjatyw zrównoważonego rozwoju.

Zarządzanie trasami przejazdu w planowaniu sieci logistycznych w wymiarze transportu i spedycji – SAP HANA pomaga firmom w obliczaniu w czasie rzeczywistym optymalnych tras przejazdu przy użyciu danych GPS przesyłanych z tysięcy pojazdów.

Wykrywanie nielegalnego oprogramowania i wdrażanie środków zapobiegawczych – Firmy przemysłu technologicznego używają rozwiązania SAP HANA do analizy dużych ilości złożonych danych dotyczących nielegalnego oprogramowania, opracowywania środków zapobiegawczych i odzyskiwania utraconych przychodów⁴².

Przykłady biznesowych korzyści SAP HANA możemy również odnaleźć w wdrożeniach u ponad 1300 klientów na całym świecie⁴³. Są to korzyści, definiowane jako „business value”, które dotyczą przede wszystkim pełnej przejrzystości i kontroli finansowej dostępnej w czasie rzeczywistym, skrócenie czasu generowania złożonych raportów i analiz, bardziej inteligentne procesy decyzyjne, znaczne przyspieszenie wszystkich aplikacji biznesowych, w tym SAP ERP, lepsze zrozumienie potrzeb klienta jak też wysoki prestiż i uznanie w zakresie wdrażania innowacyjnych technologii⁴⁴.

Podsumowanie

Rozwiązanie informatyczne SAP HANA oparte na technologii definiowanej jako „in-memory” czy też „In-Memory Computing (IMC)” umożliwia podmiotom gospodarczym skuteczne zwiększenie wartości, jakości, konkurencyjności swoich produktów i usług, jak też tworzenie nowych lub udoskonalonych produktów i usług informatycznych, ze szczególnym uwzględnieniem wielowymiarowych analiz biznesowych tworzonych w czasie rzeczywistym, na bazie m.in. zintegrowanych aplikacji informatycznych klasy SAP BI (Business Intelligence), SAP NetWeaver – Business Warehouse działających na fundamencie technologicznym SAP NetWeaver. Dodatkową wartością biznesową jest również możliwość bardziej efektywnego zarządzania energią, infrastrukturą logistyczną oraz skutecznego monitorowania stosowania nielegalnego oprogramowania i wsparcia wdrażania środków zapobiegawczych w tym zakresie. SAP HANA w wer-

⁴² Top 10. Dziesięć powodów..., op. cit.

⁴³ SAP HANA, op. cit.

⁴⁴ Przykłady wdrożeń SAP HANA oraz referencje są dostępne na: <http://www54.sap.com/pc/tech/in-memory-computing-hana/customer-reviews.html>.

sji SAP HANA Enterprise Cloud” umożliwia pracę również w technologii tzw. „chmury” (Cloud Computing).

Reasumując, rozwiązanie informatyczne SAP HANA oparte na technologii definiowanej jako „in-memory” czy też „In-Memory Computing (IMC)” umożliwia podmiotom gospodarczym skuteczne zwiększenie wartości, jakości, konkurencyjności swoich produktów i usług, jak też tworzenie nowych lub udoskonalonych produktów i usług informatycznych, ze szczególnym uwzględnieniem wielowymiarowych analiz biznesowych tworzonych w czasie rzeczywistym.

Literatura

1. Pękala M., *Wybrane zagadnienia informatyki*, KSW, Kraków 2006, s. 19.
2. Gill J., *Shifting the BI Paradigm with In-Memory Database Technologies*, „Business Intelligence Journal”, 1 kwietnia 2007, pobrano z High Beam Research (<http://www.highbeam.com>), w dniu 23.07.2013.
3. Pezzini M., *The Next Generation Architecture: In-Memory Computing*, prezentacja firmy Gartner dostępna na: http://www.slideshare.net/SAP_Nederland/the-next-generation-architecture-inmemory-computing-massimo-pezzini w dniu 10.07.2013.
4. „Techopedia”, pobrana z <http://www.techopedia.com/definition/28539/in-memory-computing> w dniu 23.07.2013.
5. Earls A., *Tips on evaluating, deploying and managing in-memory analytics tools*, zamieszczono 11.10.2011, pobrano z <http://docs.media.bitpipe.com> w dniu 23.07.2013.
6. *Gartner's Software Hype Cycles for 2012*, www.infoq.com/news/2012/08/Gartner-Hype-Cycle-2012 z dnia 18.07.2013.
7. *Gartner Says In-Memory Computing Is Racing Towards Mainstream Adoption*, notatka opublikowana 3 kwietnia 2013, www.gartner.com/newsroom/id/2405315 z dnia 18.07.2013.
8. Merz M., Simon T., *In-memory computing – a paradigm shift for the data warehouse?*, przedruk z www.sap-port.de z dnia 03.02.2012, pobrano z <http://www.camelot-italab.com> w dniu 23.07.2013.

9. Dworak K., *Architektura rozwiązania Business Suite na platformie SAP HANA*, Konferencja SAP Business Suite na platformie HANA, Warszawa, 22.10.2013.
10. *Data mart – tematyczna hurtownia danych*, opracowanie branżowe dostępne na stronie: <http://etl-tools.info/pl/data-mart.html> w dniu 18.07.2013.
11. Inmon B., *Data Mart Does Not Equal Data Warehouse*, opracowanie branżowe dostępne na stronie: <http://www.information-management.com/infodirect/19991120/1675-1.html>, w dniu: 18.07.2013.
12. Vishal S., *Timeless Software*. „Timelessness” tzw. „personal blog” prowadzony przez współautora rozwiązania SAP HANA, informacja opublikowana 19 stycznia 2012 na stronie <http://vishalsikka.blogspot.com/2008/10/timeless-software.html>.
13. Desmond P., *SAP HANA – Updating the Naming Conventions*, [w:] „ERP Executive”, Sierpień 2011, www.erpexecutive.com.
14. *Unveiling SAP TechEd 2010*, materiały branżowe firmy BayForce (certyfikowanego partnera firmy SAP, www.bayforce.com/2010/10/unveiling-sap-teched-2010/ z dnia 17.07.2013.
15. <http://timoelliott.com/blog/2010/12/sap-introduces-first-hana-enabled-application-links-and-screen-shots.html>.
16. Appleby J., *Updated: The SAP HANA FAQ – answering key SAP In-Memory questions*, informacja opublikowana 23 stycznia 2012 na stronie www.bluefinsolutions.com.
17. *Grupa CEDC wdroży rozwiązanie „in-memory” SAP HANA*, notatka prasowa zamieszczona na stronie internetowej firmy SAP, www.sap.com/poland/press.epx?pressid=15060 z dnia 16.07.2013.
18. *SAP HANA*, SAP Polska, Warszawa 2013.
19. *SAP HANA Platform – Technical Overview Driving Innovations in IT and in Business with In-Memory Computing Technology*, materiały branżowe firmy SAP, Walldorf 2012.
20. <http://blog.sidgroup.pl/sid-group-jako-pierwsza-firma-w-polsce-wdraza-rozwiazanie-sap-hana>.
21. Majewski P., Bugajski J., Sawczuk M., *SAP HANA. Nowoczesna analityka i wsparcie dla konsolidacji finansowej*, prezentacja przedstawiona w trakcie SAP World Tour 2011, Sopot 9–10 czerwca 2011.

22. Salwin M., *Kilka słów na temat SAP HANA*, „Blog technologiczny ATENA”, <http://blog.atena.pl/kilka-slow-na-temat-sap-hana> z dnia 15.07.2013.
23. *SAP Product Road Map SAP HANA / Road Map Revision*, materiały branżowe firmy SAP z dnia 13.12.2012.
24. *Top 10. Dziesięć powodów, dla których klienci wybierają rozwiązanie SAP HANA*, materiały branżowe firmy SAP, 2013.
25. *Top 10 – Why SAP HANA*, materiały branżowe firmy SAP, lipiec 2013.
26. Różycka A., *SAP HANA dla biznesu. Czy to się może opłacać?*, Konferencja SAP Business Suite na platformie HANA, Warszawa, 22.10.2013.
27. *Faster, Higher, Stronger: In-Memory Computing Description and What SAP Means for Your Organization*, Opracowanie techniczne IDC sponsorowane przez firmę SAP AG, listopad 2011.

Realizacja SOA w oprogramowaniu biznesowym firmy SAP

Marian Krupa, Maciej Pękala

Streszczenie

W niniejszym opracowaniu przedstawiono genezę oraz podstawową charakterystykę systemów zorientowanych na usługi. Przedyskutowano także użyteczność tej technologii w biznesie oraz zwrócono uwagę na jej innowacyjność i uzyskiwane z tego powodu korzyści biznesowe. Zaprezentowano także komercyjne rozwiązanie firmy SAP wspierające decyzje zarządcze w oparciu o informacje uzyskiwane dzięki dostępnym dla użytkowników nowym aplikacjom zorientowanym na usługi. Naszkicowano również metodykę wdrożenia tego rozwiązania. Przedyskutowano także konkurencyjność proponowanego przez firmę SAP rozwiązania.

Wstęp

Proces dynamicznego rozwoju zintegrowanych systemów informatycznych dla biznesu doprowadził na początku XXI w. do sytuacji, w której to kolejne propozycje usprawnień oferowane przez dostawców oprogramowania spotykały się z coraz to większym oporem ze strony odbiorców tej klasy rozwiązań. Podstawowymi wyznacznikami krytyki przez świat biznesu nowych rozwiązań, był zarówno gwałtowny wzrost złożoności, komplikacji w zakresie utrzymania i rozwoju powyższego oprogramowania, jak też, niewspółmierny do uzyskiwanych efektów ekonomicznych wzrost kosztów funkcjonowania działów IT.

Celem pracy jest przedstawienie metody dopasowania zintegrowanych systemów informatycznych klasy ERP do strategii organizacji, w której to system ma w wyższym stopniu wspierać procesy biznesowe, przy równoczesnym obniżeniu kosztów całkowitych funkcjonowania funkcji IT w przedsiębiorstwie. Mówimy tu o innowacyjnej metodzie projektowania i wdrażania systemów informatycznych o nazwie **Service Oriented Architecture (SOA)**.

W artykule została opisana koncepcja oraz jej realizacja technologiczna w oprogramowaniu firmy SAP wraz z krótką analizą konkurencyjności. W pierwszej części omówiono genezę oraz definicję SOA, a także innowacyjność implementacji tej koncepcji w technologii informatycznej.

Część druga zawiera genezę oraz krótki opis wraz metodyką wdrożenia pakietów informatycznych firmy SAP wpierających tą koncepcję. Zamieszczono też krótką analizę konkurencyjności rozwiązania firmy SAP w stosunku do innych producentów oprogramowania tej grupy.

Geneza SOA – ewolucja zintegrowanych systemów informatycznych zarządzania (ZSIZ)

Modele rozwoju aplikacji informatycznych ADM (*Application Development Models*) były udoskonalane już od samego momentu pojawienia się pierwszych systemów informatycznych, w tym systemów w obszarze zarządzania. Jednakże należy pamiętać o tym, że kolejne innowacje były ewolucyjnie rozwijane na bazie wcześniejszych modelach aplikacji systemów IT. Do głównych etapów zmian zaliczyć możemy następujące modele: monolithic, host-centric, klient-serwer, n-warstwowy. Ostatecznie został wypracowany SOA model¹.

Pierwsze teoretyczne opracowania opisujące zarówno nowy model budowania architektury systemu, jak i zarządzanie całym projektem informatycznym w oparciu o koncepcję SOA (w tym Web Services Architecture) pojawiły się w latach 2002–2005. Przykładem mogą być publikacje takich autorów jak: Fremantle, Weerawaran [2002], Stencil [2002], Papzoglou, Georgakopoulos [2003], Joshi, Singh, Phippen [2004], Brown, Delbaere, Eeles, Johnston, Weaver [2005], i wiele innych opracowań branżowych takich firm jak: IBM, SAP, Sybase, IDS Sheer, HP, Microsoft, Oracle.

Równocześnie do zmian zachodzących w branży IT, które dotyczyły rozwoju technologicznego systemów ADM, w latach 2000–2007 pojawiły się jakościowo nowe postulaty, zgłaszane przez odbiorców tych systemów – świat biznesu. Ponieważ wraz z dynamicznym wzrostem komplikacji zintegrowanych systemów informatycznych zarządzania (ZSIZ), w tym gwałtownym wzrostem kosztów ich utrzymania i rozwoju, pojawiły się bariery organizacyjno-administracyjne w zakresie dalszej informatyzacji przedsiębiorstw. Powyższe sygnały miały kluczowy wpływ na wypracowanie nowej filozofii zarówno zarządzania projektami IT, jak też na zaprojektowanie nowych technologii (aplikacji informatycznych) w ramach SOA. Do typowych problemów końca XX i początku XXI wieku zgłaszanych przez odbiorców ZSIZ zaliczamy następujące zjawiska biznesowe:

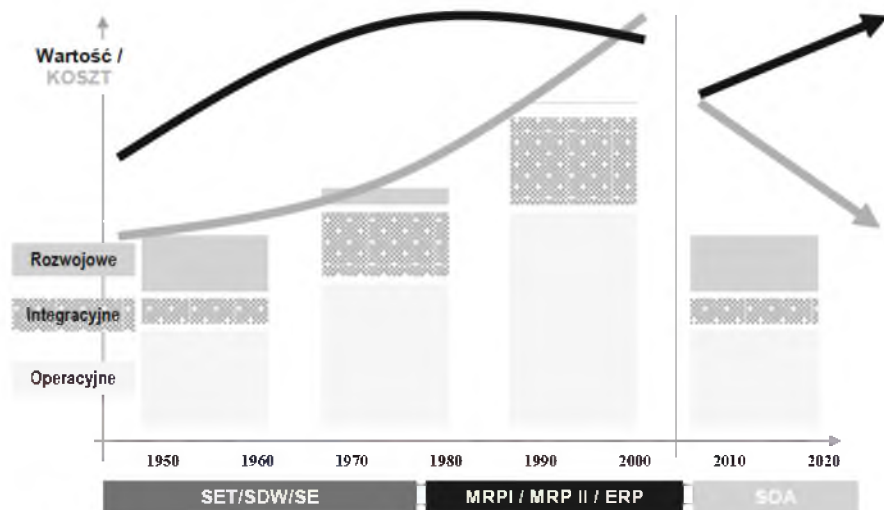
¹ Metha, Lee, Shah, *Service-Oriented Architecture: Concepts and Implementation*.

- wykorzystanie zasobów IT stawało się coraz bardziej niewystarczające;
- olbrzymie kłopoty z obiektywną oceną rentowności wdrożenia systemów klasy ERP, w tym brak narzędzi do monitorowania kosztów utrzymania na poziomie pojedynczych procesów biznesowych;
- wysokie koszty utrzymania systemów zintegrowanych (ZSIZ) – większość budżetu IT było przeznaczone na utrzymanie status quo;
- pojawiały się znaczne opóźnienia w dostosowaniu IT do zmian biznesowych – problem elastyczności systemów klasy ERP, zauważono olbrzymią lukę pomiędzy celami i strategiami biznesowymi a rozwiązaniami branży IT;
- brak kompatybilności pomiędzy modelami procesów biznesowych a modelami informatycznymi dostarczonymi w oprogramowaniu;
- stosowane przechowywanie danych w różnych miejscach bez możliwości jakiegokolwiek ich integracji;
- reguły dla decyzji biznesowych były zaszyte w kodzie aplikacji bez możliwości łatwej i taniej zmiany na potrzeby użytkownika systemu;
- podstawowe braki w jednolitych zasadach zarządzania obszarem IT w przedsiębiorstwie².

W oparciu o przedstawioną powyżej analizę, możemy wskazać, w zasadzie, na dwie kluczowe bariery rozwoju ZSIZ:

- wzrost komplikacji systemów informatycznych klasy ERP podwyższył całkowite budżety projektów IT przy równoczesnej zmianie ich struktury, z niekorzyścią dla ich rozwoju i udoskonalania;
- olbrzymie systemy nie tylko generowały koszty ale również były mało elastyczne i oparte na racjonalności technologicznej a nie biznesowej.

² Matuszewski, Podkowiński, Raszewski, *Automatyzacja procesów biznesowych: od modelu do realizacji, oraz SOA? O co chodzi.*



Rys. 67. Struktury kosztowe projektów IT – ewolucja systemów informatycznych zarządzania w wymiarze wartości (użyteczności) oraz kosztów³.

Te dwa aspekty wymusiły na branży dostawców ZSIZ zasadnicze zmiany, nie tylko w samej technologii, ale również w filozofii zarządzania projektami informatycznymi. Odpowiedzią branży IT są rozwiązania informatyczne oparte na koncepcji SOA.

Charakterystyka technologii informatycznej opartej na koncepcji SOA

SOA jest innowacyjną koncepcją budowania ZSIZ opartą na usługach, integrującą przy pomocy wielorakich narzędzi różne rozwiązania informatyczne, w oparciu o trójwarstwową architekturę budowania systemów.

W literaturze naukowej przedmiotu, jak i w opracowaniach branżowych znajdujemy różne perspektywy interpretacyjne terminu „SOA”. Do najbardziej istotnych z punktu widzenia prowadzonej analizy zaliczyć należy następujące definicje⁴:

- [1] Koncepcja budowy systemów informatycznych przedsiębiorstw zorientowanych na usługi, czyli współdzielone pomiędzy wieloma aplikacjami, sprawdzone komponenty [Oleszkiewicz].

³ Oprac. na podst: Woods, Mattern, *Enterprise SOA. Designing IT for Business Innovation*.

⁴ Żeliński, SOA: Czy nadchodzi koniec zintegrowanych ERP?

- [2] Architektura bazująca na filozofii wielokrotnego wykorzystania logicznych elementów infrastruktury (usług) [Oleszkiewicz].
- [3] Architektura zorientowana usługowo; duża ilość wyodrębnionych usług, które między sobą komunikują się za pośrednictwem interfejsów lub za pośrednictwem magistrali usługowej [Jabłoński].
- [4] Architektura wskazująca naturalny proces projektowania systemów IT: (1) budowanie procesowego modelu biznesowego; (2) analiza modelu biznesowego z perspektywy zasobów IT; (3) projektowanie listy usług IT realizujących wcześniej zdefiniowane w modelu biznesowym procesy [Żeliński].
- [5] Podejście architektoniczne umożliwiające tworzenie luźno powiązanych, interoperacyjnych usług biznesowych, które mogą być łatwo współdzielone wewnątrz i pomiędzy przedsiębiorstwami [Runc].
- [6] Koncepcja, zgodnie z którą budowane są systemy informatyczne. Pozwala na tworzenie rozwiązań, których elastyczność i skalowalność umożliwia lepsze dostosowanie funkcjonalności do wymagań użytkownika [Frydecki].
- [7] Podejście architektoniczne, zakładające dekompozycję aplikacji na usługi, które mogą być połączone lub skonfigurowane tworząc implementację nowego procesu biznesowego [Krzywdą].
- [8] Nowe podejście w sposobie projektowania i tworzenia aplikacji biznesowych oraz ich integrowania z systemami używanymi wcześniej [Korzec].
- [9] Prawdziwy przewrót w podejściu do aplikacji biznesowych. Nowy system przestaje być już tylko zbiorem zintegrowanych ze sobą modułów. Staje się platformą, która umożliwia łatwe tworzenie nowych funkcji opartych na usługach, nowych bądź tych już od dawna używanych [Bugajski].
- [10] Jest jedną z najbardziej obiecujących nowoczesnych metod tworzenia systemów informatycznych i zarządzania nimi [Waszczuk].

Syntezyując, koncepcja SOA może być scharakteryzowana w sposób następujący:

- Orientacja na kompleksowe rozwiązywanie potrzeb – klient kupuje skuteczne rozwiązanie problemu a nie tyle samo narzędzie;
- Aplikacja aplikacji – integracja w ramach jednego narzędzia IT różnych usług informatycznych;
- Standaryzacja – branżowe rozwiązania: SOA dostarcza repozytoria usług (standardów) wypracowane przez różne branże w skali globalnej;
- Redukcja kosztów – wdrażania standardowych rozwiązań obniża koszty i zmniejsza czas uruchomienia usługi. Upraszcza również procedury implementacyjne i administracyjne.

Silna integracja i luźna architektura – zapewnienie spójności danych przy równoczesnej możliwości modyfikowania procesów biznesowych.

Najczęstszym podejściem dotyczącym interpretacji koncepcji SOA jest to co rozumiemy poprzez **architekturę systemu**. W ramach SOA, w sposób uniwersalny zakładamy, że architektura systemu składa się z trzech warstw:

- **warstwa I:** Poziom aplikacji biznesowych – działania transakcyjne obejmujące tzw. „jądro aplikacji informatycznej” (np. SAP ERP);
- **warstwa II:** Poziom integracji międzyaplikacyjnej (np. SAP NetWeaver);
- **warstwa III:** Poziom usług IT realizowanych poprzez tzw. Web Service (np. aplikacje kompozytowe xAPP).

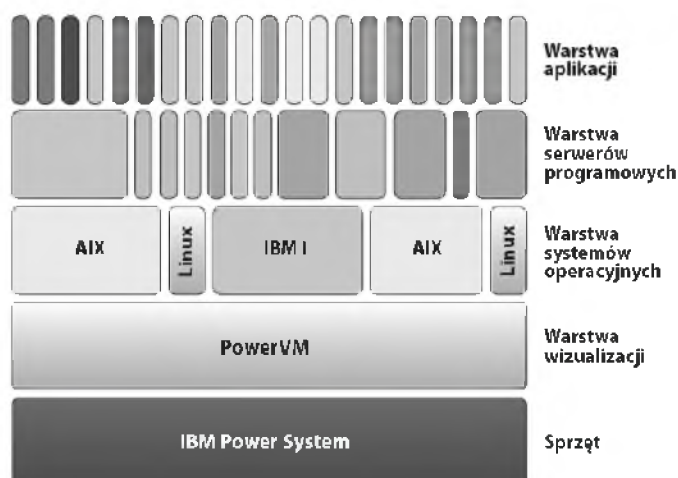
W przypadku wykorzystania technologii Web Services, architektura SOA zawiera trzy wzajemnie ze sobą powiązane obszary: 1) serwera (dostawcy usługi); 2) klienta (użytkownika systemu) oraz 3) rejestru usług (pośrednika) (rys. 68).



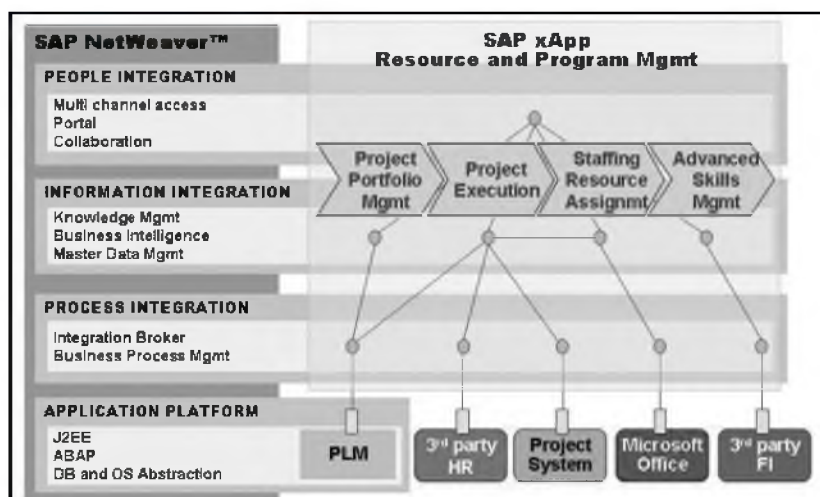
Rys. 68. Struktura architektury SOA i ich wzajemne powiązania [SOAstandards.pl]⁵.

W zależności od dostawcy samego oprogramowania i sprzętu istnieją różne modele architektury systemów informatycznych opartych na SOA. Przykładem wielowarstwowej architektury systemu dedykowanego SOA jest rozwiązanie firmy IBM (rys. 69) oraz Composite Application Framework firmy SAP (rys. 70).

⁵ Waszczuk, SOA – czym jest, czym nie jest?



Rys. 69. Model wielowarstwowej architektury systemu informatycznego dedykowanego SOA na przykładzie IBM⁶.



Rys. 70. Integracja wielu systemów tzw. „backendowych” w oparciu o Composite Application Framework (CAF) firmy SAP⁷.

⁶ Jabłoński, *Mieć POWER, żeby przetrwać*, [w:] *Efektywna integracja przedsiębiorstwa w oparciu o SOA i rozwiązania IBM WebSphere*.

⁷ *Jak budować aplikacje kompozytowe*.

W ramach SOA kluczowym pojęciem jest „usługa”, mająca swoją genezę już w latach 60. [D. McIlroy]⁸. Oznacza ona realizację zdarzeń wpisanych w procesy biznesowe przez stosowne narzędzia informatyczne zawierające repozytorium wiedzy i towarzyszące jej reguły. Inną definicją może być następujący zapis: *Usługa jest samodzielnym elementem oprogramowania o określonej funkcjonalności i interfejsie dostępu do niej*⁹; czy też w tłumaczeniu z j. angielskiego: *Usługa jest to precyzyjnie zdefiniowana funkcja, samodzielna w działaniu i niezależna od zakresu funkcjonalnego i działania innych usług*¹⁰.

Wyróżniamy w SOA dwa rodzaje usług:

1. „**Data services**” (usługi przetwarzania danych) – realizują usługę prostego, powtarzalnego składania i przetwarzania danych – np. realizacja składania zamówień, ofert, wniosków, reklamacji itd.
2. „**Decision services**” (usługi decyzyjne) – realizują usługę zmierzającą do podjęcia, często złożonej i wielowymiarowej decyzji – np. decyzja zatrudnieniu, zakupu, podpisaniu kontraktu itd.

Z technologicznego punktu widzenia, każde rozwiązanie, lub częściej pakiet rozwiązań opartych na SOA, składa się z różnych komponentów (narzędzi), m.in. z:

- **Transparent Decision Services (TDS)** – reguły biznesowe są tworzone za pomocą przyjaznego dla użytkownika (analityka biznesowego) oprogramowania (interfejsu), umożliwiając przez to wykorzystanie wiedzy merytorycznej w zakresie działania danego biznesu¹¹.
- **Business Rule Management System (BRMS)** – narzędzie pozwalające na zmianę reguł biznesowych bez konieczności zmian konfiguracyjnych w realizowanych processach biznesowych.
- **WebSphere DataPower SOA** – narzędzie umożliwia akcelerację przetwarzania plików w formacie XML oraz zapewnia duży poziom bezpieczeństwa realizowanych w ten sposób transakcji.
- **Computer Aided System Engineering (CASE)** – zestaw narzędzi do modelowania procesów biznesowych, struktur baz danych jak i aplikacji systemów.

⁸ McIlroy, *Mass Produced Software Components*.

⁹ Waszczuk, *SOA – czym jest, czym nie jest?*

¹⁰ *Economic Justification of Service-Oriented Architecture. Research study: Experiences and Guidelines on Building SOA Business Cases*.

¹¹ *SOA dla biznesu*, [w:] *Efektywna integracja przedsiębiorstwa w oparciu o SOA i rozwiązania IBM WebSphere*.

- **Enterprise Services (ES)** – usługi dostępne poprzez Internet w ramach technologii eSOA; opisane przy pomocy języka i semantyki zrozumiałej dla biznesu. Możliwość wielokrotnego wykorzystania wcześniej zdefiniowanych usług.
- **Enterprise Service Workplace (ES Workplace)** – narzędzie w technologii eSOA umożliwiające zamawiającym usługę informatyczną, programistom i konsultantom bezpośredni dostęp do najnowszych usług udostępnionych przez producenta.

Z metodologicznego punktu widzenia realizacja projektu informatycznego w oparciu o SOA powinna zawierać politykę projektu, w tym politykę jakości opisującą procedury i narzędzia służące monitorowaniu nowego środowiska informatycznego. Możemy wyznaczyć w tym zakresie trzy typowe dla SOA obszary¹²:

- SOA Governance;
- SOA Service Management;
- SOA Quality Management.

SOA Governance jest zestawem reguł i zasad, które mają zapewnić sprawną realizację projektu – zapewnienie wysokiej wartości dla zamawiającego. SOA Governance w budowane w pakiety rozwiązań SOA obejmuje swoim monitoringiem następujący zestaw działań: tworzenie nowych i zmiana istniejących serwisów, usuwanie zbędnych serwisów (zazwyczaj na końcu cyklu ich życia), udostępnianie serwisów firmom trzecim, publikowanie i wyszukiwanie serwisów, ponowne wykorzystanie już istniejących serwisów, ogólne monitorowanie projektu i rozwiązań SOA. Najistotniejszym jednak elementem SOA Governance jest wyznaczanie wartości dodanej dla klienta powstałej w wyniku realizacji projektu SOA.

SOA Service Management jest operacyjnym monitorowaniem pracy uruchomionych produktywnie serwisów w ramach SOA. Oznacza to w praktyce sprawdzanie wydajności, dostępności czy też użyteczności funkcjonalnej dla biznesu. Każdy serwis powinien posiadać swojego właściciela lub też być przekazany na zewnątrz w celu zapewnienia efektywnej usługi monitorującej.

SOA Quality Management odpowiada za zapewnienie, że wdrożone serwisy, lub też same aplikacje budowane na basie tychże serwisów spełniają wcześniej zdefiniowane wymagania i cele biznesowe. Podstawowym zadaniem SOA Quality Management jest testowanie nowych i udoskonalanych serwisów z punktu widzenia zapewnienia poprawno-

¹² Skrupski, *Jak wdrażać SOA, czyli człowiek do zadań specjalnych*.

ści pracy poszczególnych serwisów z wymaganymi standardami oraz ich bezpieczeństwa. Sam proces testowania SOA jest bardziej złożoną operacją organizacyjno-technologiczną od tradycyjnych rozwiązań IT ponieważ musi on uwzględniać różne środowiska, częste zmiany konfiguracyjne oraz różne przypadki użycia wynikające nie tylko z planowanego pierwotnie zakresu.

Reasumując, w niniejszym tekście przyjmujemy, z referencją do Institute of Information Management – St. Gallen University, że **SOA jest technologicznym standardem opisującym sposób projektowania i implementacji architektury systemu informatycznego, w celu zwiększenia jego elastyczności i efektywności**¹³.

Użyteczność technologii informatycznej opartej na SOA w biznesie

Użyteczność technologii informatycznej opartej na SOA w zarządzaniu procesem informatyzacji współczesnych organizacji opiera się na:

- platformie umożliwiającej szybką reorganizację biznesu – ciągła adaptację do zmieniających się uwarunkowań w otoczeniu;
- standaryzację repozytorium modeli biznesowych, w tym procesów w ramach BPM oraz procedur implementacyjnych;
- niższych kosztów utrzymania systemów IT jak też zwiększenie budżetów działów IT na zrównoważony rozwój¹⁴.

Do największych korzyści, użyteczności SOA zaliczyć należy¹⁵:

- architektura oprogramowania oparta na usługach – większa prostota jak i zrozumienie biznesowe dla użytkownika, niższe koszty implementacji i utrzymania przy większym zakresie funkcjonalnym;
- elastyczna architektura – w technologii SOA poszczególne elementy systemów są luźno ze sobą powiązane; proces współbieżny: integracja funkcji informatycznych i biznesowych;
- SOA zapewnia szybkość implementacji nowych strategii biznesowych bez konieczności przebudowy istniejącej infrastruktury IT;

¹³ *Economic Justification of Service-Oriented Architecture. Research study: Experiences and Guidelines on Building SOA Business Cases.*

¹⁴ *Architektura korporacyjna i SOA – jak połączyć biznes i IT.*

¹⁵ Oprac. m.in. na podst.: Machnik, *Przygotuj się na lepszą przyszłość.*

- możliwość integracji oprogramowania na poziomie tzw. „middleware” w celu zapewnienia płynnej wymiany danych między różnymi systemami posiadającymi różne standardy techniczne i semantyczne.
- możliwość pozyskania danych, usług z różnych źródeł i technologii (HTTP, HTTPS, JMS/MQ, JDBC, FTP, WebServices, SCA) i ich płynna integracja;
- możliwość tworzenia przez samych użytkowników tzw. „rozwiązań transparentnych” bez pomocy programistów, co praktycznie zarówno ułatwia pracę wszystkim interesariuszom projektów IT jak też obniża koszty;
- zapewnienie ciągłości rozwoju systemów – możliwość pełniejszego wykorzystania wcześniejszych rozwiązań i inwestycji w obszarze IT przedsiębiorstwa;
- sprawna aktualizacja systemów informatycznych wynikająca z faktu zmian w przepisach prawnych, np. poprzez tzw. reguły biznesowe;
- zdecydowanie niższe koszty implementacji i utrzymania systemów.

Autorzy raportu „Economic Justification of Service-Oriented Architecture” przygotowanego przez **St. Gallen University** (Szwajcaria) zauważają, że w roku 2007 nastąpił według AMR Research Inc. wzrost o 100% zastosowania architektury SOA w projektach informatycznych realizowanych w takich krajach jak USA, Niemcy i Chiny; zaś według Gartner Group w tym samym czasie, zastosowanie SOA w nowych, dużych projektach informatycznych w skali globalnej było na poziomie co najmniej 50%. Autorzy raportu prognozują osiągnięcie poziomu 80% zastosowań w mniejszym lub większym zakresie SOA w nowych projektach informatycznych do roku 2010¹⁶.

Podobne wnioski możemy odnaleźć w innych badaniach przeprowadzonych wśród 100 największych i najbardziej z informatyzowanych polskich przedsiębiorstw, przez **Business Dialog** pod patronatem CIO Business Meeting Point i przy współpracy IDS Scheer, a opublikowanych 3 czerwca 2008 roku¹⁷. Do głównych zalet nowych rozwiązań informatycznych realizowanych w oparciu o SOA zaliczamy:

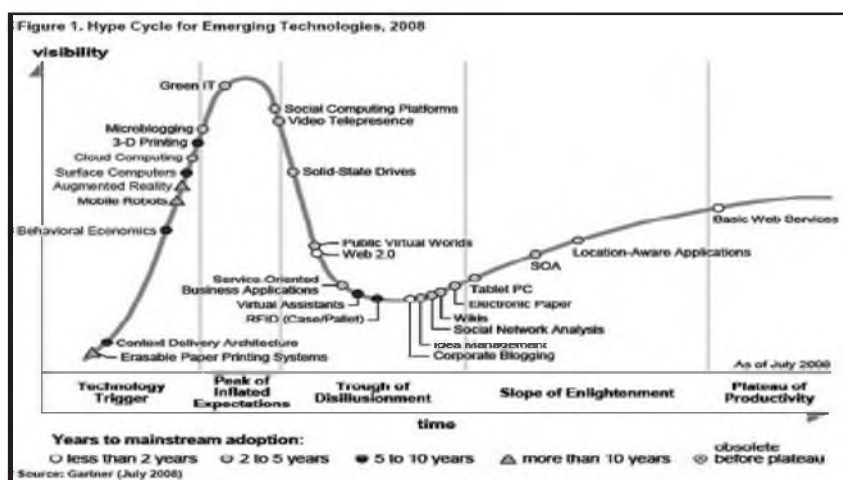
- nowa metodyka pracy, nowe myślenie, nowa filozofia;
- przyspieszenie tempa prac wdrożeniowych projektów IT (64% respondentów);

¹⁶ *Economic Justification of Service-Oriented Architecture. Research study: Experiences and Guidelines on Building SOA Business.*

¹⁷ Bielewicz, SOA po polsku.

- sukces projektu jest uzależniony od poprawnie wykonanej analizy procesów biznesowych, co uzyskujemy poprzez zastosowanie najnowszych rozwiązań opartych o SOA (80% respondentów).

Dojrzałość technologii informatycznych opartych na SOA jak też jej użyteczność potwierdza raport Gartner Group. Z perspektywy tzw. „mega cyklu” standard technologiczny SOA w roku 2008 wszedł w fazę „oświecenia” (*Slope of Enlightenment*), co oznacza, że znaczna część odbiorców powyższych rozwiązań coraz lepiej rozumie samą koncepcję, jak też dostrzega materialne korzyści wynikające z zastosowania powyższych standardów.



Rys. 71. Wschodzące technologie (*Emerging Technologies*) na tle tzw. „mega cyklu” (*Hype Cycle*)¹⁸.

Istnieją również potencjalne zagrożenia w związku z zastosowaniem rozwiązań opartych na technologii SOA¹⁹:

Centralizacja zasobów IT – obniżając koszty ograniczamy liczbę używanych systemów, a tym samym zmniejszamy listę rozwiązań alternatywnych.

Maksymalizacja wykorzystania istniejących zasobów – poprzez umożliwienie integracji starszych systemów z nowymi zwiększamy ryzyko braku kompatybilności.

Standaryzacja wzorcowych metadanych i procesów – upraszczając i standaryzując procesy wymuszamy dostosowanie technologii do wymagań biznesu a nie odwrotnie.

¹⁸ *Hype Cycle for Emerging Technologies*.

¹⁹ Oprac. m.in. na podst.: Bugajski, *Wyzwanie SOA*.

Optymalizacja wdrażanych rozwiązań – poszukując najbardziej optymalnego (przyjaznego) dla klienta rozwiązania, jesteśmy zmuszeni do stosowania najnowszych rozwiązań technologicznych typu portal (SAP: Enterprise Portal), elektroniczny obieg dokumentów (SAP: Workflow), hurtownia danych (SAP: Business Warehouse).

Bezpieczeństwo – uproszczony i przyjazny dostęp do danych implikuje wzrost ryzyka w zakresie ich ochrony.

W oparciu o raport **Gartnera** [2007]²⁰ w celu minimalizacji ryzyka związanego z wprowadzeniem nowej technologii, na przykład eSOA, powinno się uwzględnić następujące uwagi:

Realizacja projektów w ramach SOA powinna odbywać się powoli, w małym zakresie a rozwijanie nowych funkcjonalności powinno przebiegać „małymi” etapami.

Ze względu na bardzo duży poziom nowości i innowacyjności zaleca się prowadzenie intensywnej edukacji technologicznej jak i biznesowej w zakresie SOA.

Dopracowanie standardów oraz metodyki pracy wymaga czasu i dodatkowych nakładów po stronie klienta.

Stałe monitorowanie rynku dostawców rozwiązań SOA w celu uniknięcia prawdopodobnych opóźnień w realizacji dostaw najnowszych i wcześniej zapowiadanych produktów.

Podsumowując, koncepcja SOA zaadaptowana w ramach różnych aplikacji informatycznych i wdrażana przez różnych dostawców oprogramowania biznesowego, w tym firmę SAP Polska, jest zarówno pewną ideą kompleksowego rozwiązywania problemów integracyjnych, standaryzacyjnych i rozwojowych, jak również nowym, wyższym standardem technologicznym w kontekście planowania i doskonalenia modelu biznesowego w oparciu o tzw. „best practices” wypracowane globalnie przez poszczególne branże.

SOA jako rozwiązanie kompleksowe, wystandaryzowane i w pełni zintegrowane z dowolną aplikacją typu ERP, obniża nie tylko koszty administracji różnych systemów informatycznych na poziomie operacyjnym, ale również przyspiesza i upraszcza projekty, procedury implementacyjne nowych aplikacji – repozytorium usług.

Ostatecznie SOA jest koncepcją, którą można wdrażać i utrzymywać przy minimalnym poziomie kwalifikacji informatycznych pracowników danej organizacji zapewniając równocześnie wysoki standard w zakresie realizacji poszczególnych usług informatycznych.

²⁰ Malinvenro, *How to Get Value Now (and In the Future) From SAP's Enterprise SOA*.

Innowacyjność technologii informatycznej opartej na koncepcji SOA

Istotnym wyznacznikiem SOA jest jej innowacyjność. W literaturze branżowej możemy odczytać, że: technologia SOA stanowi przełom nie tylko w podejściu do tworzenia oprogramowania, ale również jego wykorzystania w środowisku korporacyjnym, ponieważ wszystkie komponenty tworzone są wspólnie z biznesem lub bezpośrednio przez biznes²¹.

W SOA wyróżniamy dwa obszary działań innowacyjnych:

- obszar obejmujący narzędzia informatyczne dostarczane przez producentów oprogramowania i sprzęty IT ukierunkowanego na SOA;
- obszar bezpośrednio związany z biznesem, w tym metodologią prowadzenia projektu IT, tj. z możliwością projektowania, modelowania i rozwoju indywidualnych funkcjonalności w formie usług.

Do kluczowych elementów innowacyjności w zakresie rozwiązań SOA zaliczamy:

- model wielowarstwowej architektury systemu informatycznego opartej na tzw. „aplikacjach kompozytowych” (*composites applications*);
- realizacja projektów w ramach SOA zakłada konieczność zastosowania nowych narzędzi programistycznych jak też implementację tzw. zasady „governance”;
- metodyka zarządzania projektem IT zakłada podejście „up-bottom”, czyli bezpośrednio z perspektywy biznesu definiujemy i parametryzujemy system informatyczny a nie odwrotnie;
- projekty SOA zakładają z definicji konieczność współpracy pomiędzy zamawiającym a dostawcą usługi IT – docelowe rozwiązanie jest wspólnie projektowane i uruchamiane;
- struktura zespołu wdrożenia jest zbudowana z całkowicie nowych ról, tj. z tzw. „architektów przedsiębiorstwa” (Enterprise Architect), „ekspertów procesów biznesowych” (Business Process Expert), „strażników repozytorium” (Repository Keeper), „kompozytorów” (Developer), „scalaczy” (Consolidator) oraz „niepokornych innowatorów” (Disruptive Innovator).

Wysoki poziom innowacyjności rozwiązań informatycznych opartych na SOA potwierdza raport **European Business Innovation Survey** przygotowany przez Vanson Bourne w 2007 r. Obejmował 330 respondentów w 12

²¹ EA i SOA; zaczynamy od fundamentów, w: *Architektura korporacyjna i SOA – jak połączyć biznes i IT*.

krajach. Wzięły w nim udział przedsiębiorstwa z krajów Beneluksu oraz Danii, Finlandii, Francji, Niemiec, Włoch, Norwegii, Polski, Hiszpanii, Szwecji i Wielkiej Brytanii. Respondenci działają w branżach finansowej, logistyki i transportu, farmaceutycznej, handlu detalicznego, telekomunikacyjnej oraz użyteczności publicznej i energetyki. Wnioski z przeprowadzonych badań w sposób jednoznaczny stwierdzają, że rozwiązanie SOA wspiera innowacyjnie wszystkie kluczowe cele biznesowe, tj. 1) podejmowanie prawidłowych decyzji [52%]; 2) usprawnienie obsługi klientów [52%]; 3) przyspieszenie reakcji na zmiany wprowadzane przez konkurencję i dynamikę rynku [50%]²².

Reasumując, *integracja przedsiębiorstwa w ramach architektury SOA zapewnia elastyczność i umożliwia wielokrotne wykorzystywanie tych zasobów. Pozwala to lepiej powiązać ze sobą ludzi, procesy, aplikacje i systemy. Taka integracja znacznie ułatwia transformację firmy i optymalizację*²³.

eSOA (Enterprise Service Oriented Architecture) – opis rozwiązania informatycznego firmy SAP opartego na SOA

Zapowiedź opracowania nowej architektury systemu informatycznego w oparciu o SOA firma SAP przedstawiła po raz pierwszy w 2003 roku. Jako pierwsze rozwiązanie branżowe, firma SAP zaprezentowała w Paryżu 30 maja 2006 roku, jako produkt eSOA²⁴.

W Stanach Zjednoczonych po raz pierwszy firma SAP zademonstrowała eSOA w czasie kongresu TechEd w Las Vegas 1 października 2007 r.²⁵. W Polsce pierwsza prezentacja eSOA w formie seminarium została zorganizowana przez SAP Polska w Warszawie 27 września 2007 r.

W Polsce, pierwsze pionierskie wdrożenie projektu informatycznego w ramach eSOA rozpoczęło się w zakresie przygotowania koncepcji już w połowie 2006 roku w Dolnośląskiej Spółce Gazownictwa z siedzibą we Wrocławiu. Niemniej jednak pierwsze efekty w formie „Success story” pojawiły się dopiero w 2008 roku²⁶.

Biorąc pod uwagę zarówno dojrzałość produktu eSOA firmy SAP jak też praktyczne wdrożenia, rok 2007 należy przyjąć jako początek powstania rozwiązania informatycznego o nazwie eSOA firmy SAP opartego o koncepcję SOA.

²² Innowacyjność motorem rozwoju przedsiębiorstwa.

²³ Innowacje biznesowe stymulatorem zmian z firmach – raport BEA Systems Inc.

²⁴ SAP wytycza drogę do biznesowej architektury SOA.

²⁵ Customer Explorer Enterprise SOA Innovation with SAP.

²⁶ Dolnośląska Grupa Gazownictwa. Gas Distribution Company Embraces Free Market with SOA.

Zgodnie z przyjętą przez firmę SAP terminologią eSOA to: *koncepcja adaptacyjnej, elastycznej i otwartej architektury IT przeznaczonej do projektowania opartych na usługach rozwiązań biznesowych dla firm*²⁷. Istotnym zapisem definicyjnym jest przede wszystkim to, że *wykorzystując platformę SAP NetWeaver jako techniczną podstawę, eSOA zwiększa adaptacyjność architektury IT i zbliża firmy do modelu organizacji działających w czasie rzeczywistym, wprowadzając usługi Web Service w całej firmie*²⁸. Równocześnie, *eSOA to sposób na organizację funkcjonalności systemów IT w formie usług w celu wykorzystania ich przez BPM, systemy dziedziczne, czy rozwiązania portalowe*²⁹.

Technologia eSOA oferowana przez firmę SAP nie tyle zastępuje dotychczasowe rozwiązania wypracowane w ramach SAP NetWeaver ile raczej wzbogaca je o dodatkowe, innowacyjne funkcjonalności, dzięki którym uzyskujemy możliwość elastycznego zarządzania, konfigurowania i modelowania usług informatycznych realizowanych często na istniejących już rozwiązaniach IT (rys. 6).

Kluczowym zatem wymiarem pakietu eSOA jest model architektury systemu oparty na platformie integracyjnej **NetWeaver**. Umożliwia ona integrację pomiędzy tzw. „core applications” np. SAP ERP a aplikacjami zewnętrznymi, w tym aplikacjami kompozytowymi.

W ramach rozwiązania eSOA firma SAP dostarcza podstawową funkcjonalność tzw. Usługi biznesową (**Enterprise Service**). Zawiera ona szereg usług typu Web Service *opartych na logice biznesowej, które można pobierać i wielokrotnie wykorzystywać do obsługi konkretnego procesu biznesowego*. Agregacja usług Web Service w usługi biznesowe na poziomie organizacji zapewnia bardziej stabilną podstawę automatyzacji scenariuszy biznesowych obejmujących całą firmę.

Firma SAP oferuje również tzw. **Ekosystem usług biznesowych**, który umożliwia swoim klientom wspólne tworzenie docelowych rozwiązań informatycznych w ramach eSOA i następnie ogólne ich udostępnienie dla dowolnych zastosowań w skali globalnej.

Zasadniczym komponentem oferty firmy SAP w ramach eSOA jest rozwiązanie o nazwie handlowej **SAP Organizational Planning and Governance for Enterprise SOA**. Zawiera ona zestaw najlepszych praktyk (Best practices) w zakresie wdrażania technologii firmy SAP opartej na SOA.

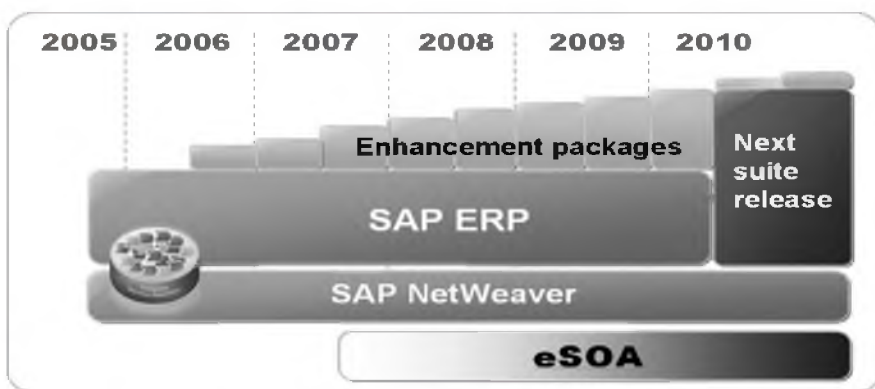
²⁷ Architektura biznesowo zorientowana na usługi (enterprise SOA).

²⁸ Ibidem.

²⁹ Piątkowski, SAP NetWeaver Platforma do budowy rozwiązań Business Process Management.

Ponadto, firma SAP w ramach eSOA dostarcza³⁰:

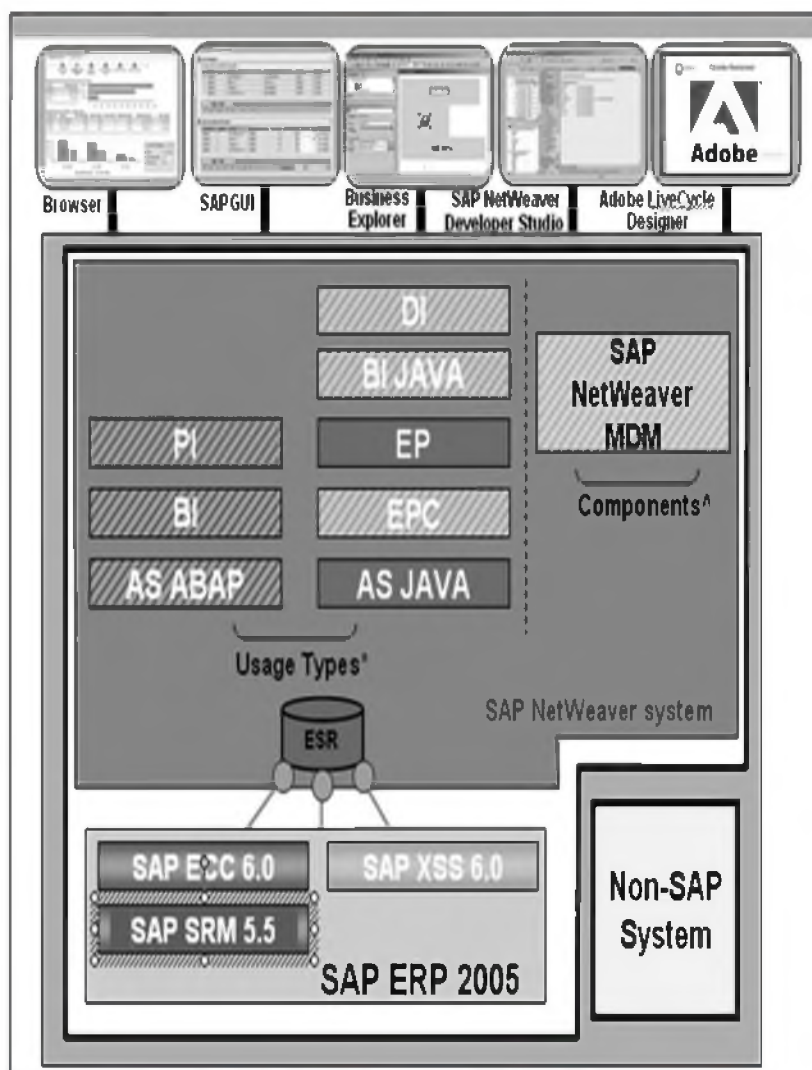
- **SAP Business Strategy for Biznesowa SOA:** opiera się na zaawansowanej metodyce umożliwiającej klientom zdefiniowanie strategii biznesowej SOA, łączącej w sobie zarówno wyzwania biznesowe, jak i wymagania w zakresie IT.
- **SAP Enterprise Services Modeling:** pomaga klientom w opracowaniu projektu implementacji opartego na modelach, wykorzystującego usługi biznesowe. W rezultacie, dzięki zastosowaniu sprawdzonych najlepszych procesów gospodarczych SAP, spełnione są specyficzne wymagania klienta. Wynikiem skorzystania z usługi jest kompletny proces realizacji – od modelu biznesowego zorientowanego na usługi do wdrożenia zgodnego z SOA.
- **SAP Strategic Data Services for SAP NetWeaver® MDM:** zapewnia dodatkowe korzyści klientom polegające na wspieraniu ich podczas całego procesu wdrożenia Zarządzania danymi podstawowymi (Master Data Management) na platformie SAP NetWeaver. Usługa obejmuje pomoc ekspercką w wielu kluczowych obszarach, takich jak zarządzanie danymi, analiza jakości danych, optymalne projektowanie i implementacja konsolidacji danych, powiązane reguły biznesowe i strategię. Jest uzupełnieniem zakresu usług udostępnionych już klientowi. Tak więc zapewnia korzystanie z wiodącej technologii SAP oraz usług potrzebnych do szybszej i prostszej implementacji w trakcie aktualizacji wersji systemu i przejścia na biznesową SOA.



Rys. 72. Polityka dotycząca rozwoju oprogramowania biznesowego firmy SAP.

³⁰ Materiały branżowo-informacyjne firmy SAP.

Centralnym obiektem architektury systemu zbudowanego w oparciu o eSOA jest „**Enterprise Services Repository**” (ESR). Jest to tzw. „Pre-packaged SOA”, który zawiera zestaw gotowych usług (aplikacji), które można w sposób uporządkowany wdrożyć w dowolnym przedsiębiorstwie, w krótkim czasie i przy niewielkim budżecie (rys. 73).

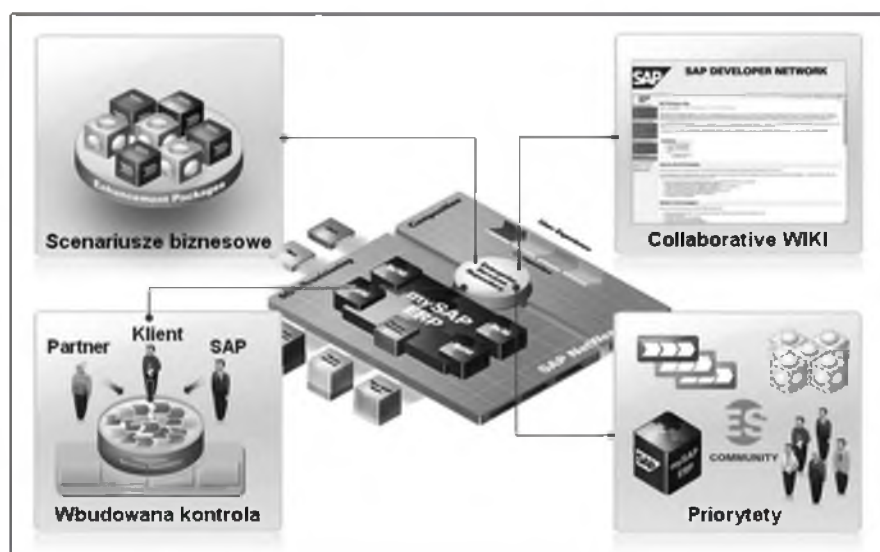


Rys. 73. Komponenty technologiczne eSOA – architektura systemu oparta o SAP NetWeaver³¹.

³¹ Sherpe, SOA – Metodologia i Usługi.

W ramach pakietu ESR możemy wyznaczyć cztery główne narzędzia (rys. 74):

- 1) repozytorium scenariuszy (procesów) biznesowych;
- 2) narzędzie monitorowania i kontroli – procedury zarządzania;
- 3) platforma współpracy w obszarze rozwoju aplikacji (tzw. ekosystem usług biznesowych);
- 4) procedury definiowania i implementacji priorytetów biznesowych.

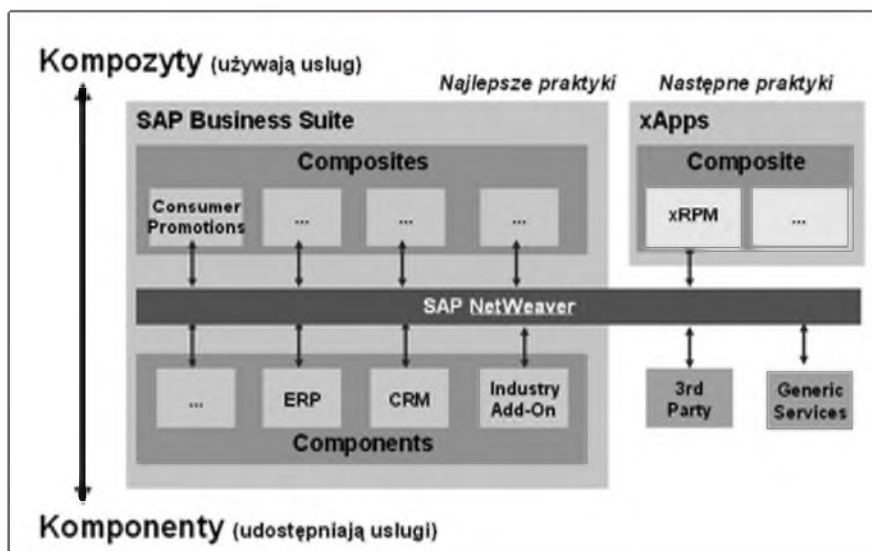


Rys. 74. Cztery wymiary rozwiązania ESR w ramach eSOA: scenariusze biznesowe – kontrola – współpraca – priorytety³².

Kolejnym produktem dostępnym w ramach eSOA jest to co określamy jako tzw. „**xApps**”. Są to aplikacje kompozytowe oparte o architekturę zorientowaną na usługi (eSOA) które implementują wybrane praktyki biznesowe³³. Przykład architektury rozwiązania eSOA opartego o xApps’y przedstawia rys. 74.

³² Jak budować aplikacje kompozytowe.

³³ Ibidem.



Rys. 75. Architektura aplikacji kompozytowych w oparciu o eSOA firmy SAP³⁴.

Metodyka wdrożenia pakietu rozwiązań informatycznych w ramach eSOA

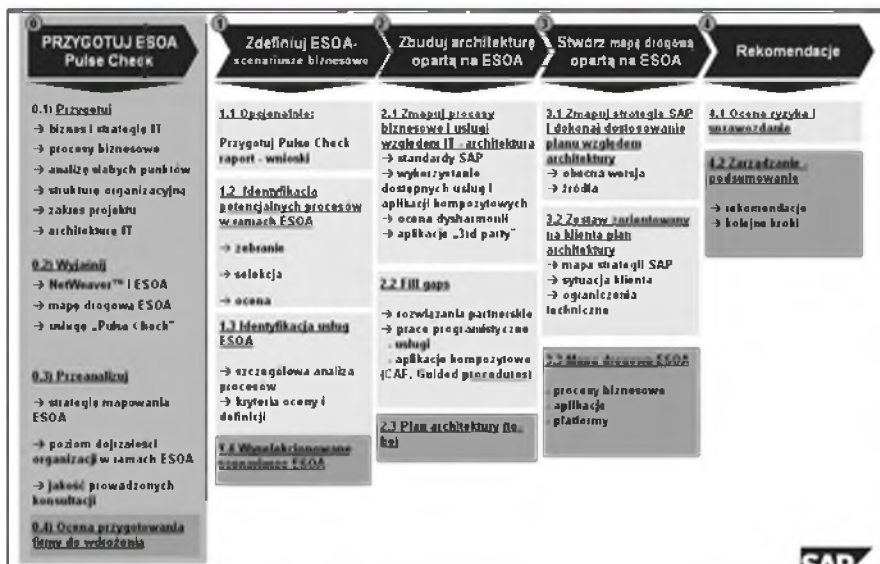
Realizacja projektu informatycznego w zakresie eSOA wymaga zastosowanie adekwatnej metodyki implementacyjnej. W przeciwieństwie do typowych, tradycyjnych metodyk wdrożeniowych, implementacja eSOA zakłada a priori pogłębioną refleksję biznesowo-procesową, na podstawie której jest realizowana wystandaryzowana procedura parametryzująca. Zgodnie z zaleceniami firmy SAP metodyka pracy w ramach projektu eSOA składa się z następujących etapów:

- analiza treści biznesowych i wskazanie na bardziej efektywnego rozwiązania (*Analyse and Discover*);
- modelowanie i parametryzacja procesów biznesowych (*Model and Specify*);
- konfiguracja i integracja aplikacji (*Implement and Orchestrate*);
- techniczna konfiguracja oraz przeprowadzenie testowania (*Configure and Deploy*);
- zarządzanie i optymalizacja uruchomionych procesów (*Manage and Optimize*).

³⁴ *Ibidem*.

Struktura zadaniowa (*Framework*) projektu informatycznego realizowanego w ramach eSOA dla pierwszej fazy (*Initial Steps*) składa się z pięciu obszarów:

- 1) przygotowanie projektu (*ESOA Pulse Check*);
- 2) zdefiniowanie i ocena scenariuszy biznesowych;
- 3) budowanie architektury systemu w oparciu o procesy biznesowe;
- 4) opracowanie planu działania (*Roadmap*);
- 5) przygotowanie raportów, analiz i rekomendacji (rys. 76).

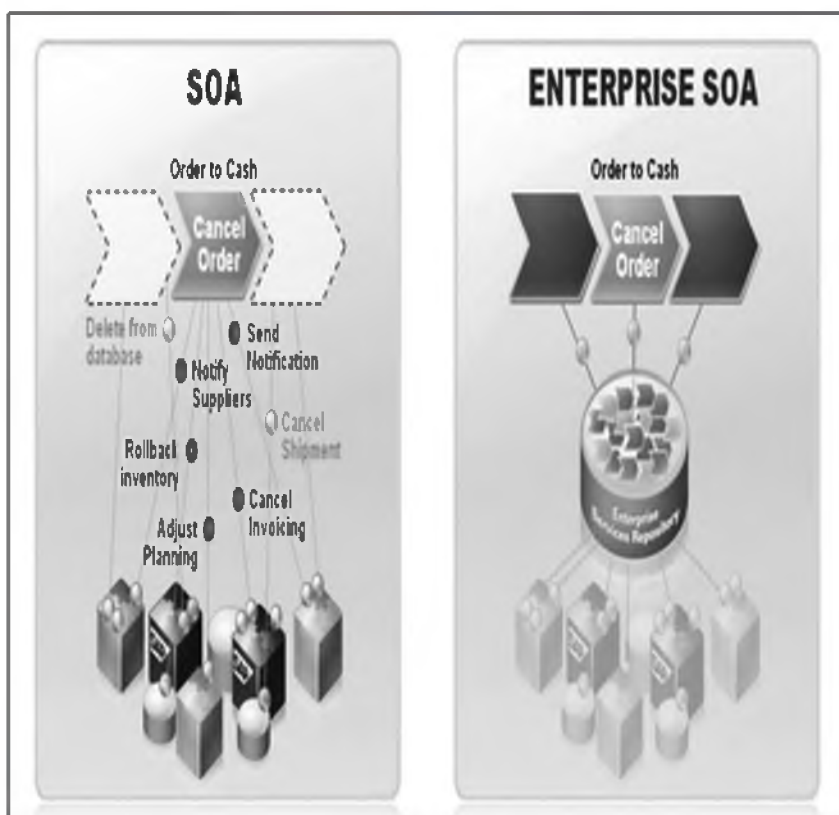


Rys. 76. „Pulse Check” – struktura zadaniowa dla pierwszej fazy projektu wdrożenia IT w ramach eSOA³⁵.

Analiza konkurencyjności pakietu eSOA

W przeciwieństwie do typowych rozwiązań typu „pure SOA” dostępnych w branży aplikacje biznesowych charakteryzujących się „ręczną” budową, niłą możliwością ponownego wykorzystania, wielu problemów z zarządzaniem projektami IT (*IT Governance*), rozwiązanie eSOA dostarczane przez firmę SAP zapewnia produktywne usługi implementacyjne, uporządkowaną semantykę biznesową i zunifikowane repozytorium usług i aplikacji kompozytowych.

³⁵ Sherpe, *SOA – Metodologia i Usługi*.



Rys. 77. Od chaosu typu „Pure SOA” do uporządkowanej integracji w ramach rozwiązania eSOA³⁶.

Należy podkreślić, że technologia eSOA oferowane przez firmę SAP Polska stanowi obecnie zdecydowanie dominujący i najbardziej istotny w aspekcie innowacyjności fragment pakietu produktów ZSIZ realizowanych przez nią na rynku informatycznym w Polsce i na świecie.

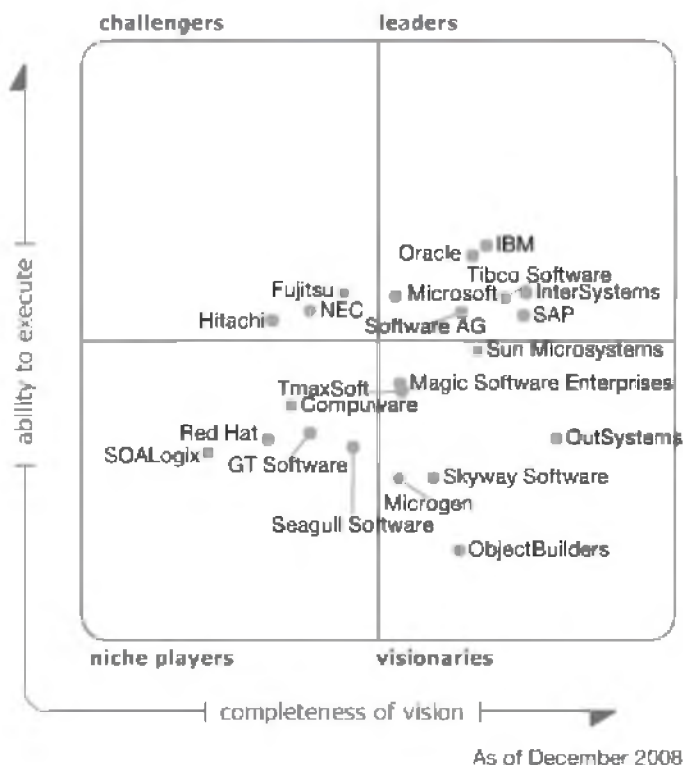
Powyższe stwierdzenie potwierdzają analizy wykonane przez firmę badawczo-konsultingową Gartner przy pomocy tzw. „Magic Quadrant” w 2008 r. (rys. 12). Opracowana przez firmę Gartner matryca oceny aplikacji kompozytowych realizowanych w ramach SOA, oparta została na:

- 1) zdolności implementacji (*Ability to Execute*);
- 2) umiejętności definiowania wizji (*Completeness of Vision*)³⁷.

³⁶ Ibidem.

³⁷ Ibidem.

Opracowana przez firmę Gartner matryca wyznacza cztery grupy firm: liderzy, wizjonerzy, przedsiębiorcy oraz gracze niszowi. Produkty kompozytowe dostarczane w ramach eSOA przez firmę SAP zostały ocenione w najwyższej ocenianej kategorii liderów (posiadający uporządkowaną wizję i kompetencje implementacyjne).



Rys. 78. „Magic Quadrant” – poziom konkurencyjności infrastruktury informatycznych opartych na aplikacjach kompozytowych SOA [Gartner, 2008]³⁸.

Gartner oceniając firmę SAP wskazał na następujące pozytywne aspekty:

- dostarczane przez SAP aplikacje kompozytowe wspierają rozszerzenia realizowane w ramach istniejącego standardu ERP/NetWeaver;
- SAP posiada jasną wizję rozwoju oprogramowania SOA, które wspiera strategię obejmującą aplikacje kompozytowe;

³⁸ Pezzini, Natis, Iijima, Sholler, Thompson, Vecchio, *Magic Quadrant for Application Infrastructure for SOA Composite Application Project*.

- platforma integracyjna SAP NetWeaver zawiera cały zestaw narzędzi wspierający integrację aplikacji opartych na technologii portalowej, narzędzi rozwoju aplikacji kompozytowych, aplikacji integracyjnych, w tym konsolidacyjnych (orchestration) oraz tzw. Enterprise Application Server Technologies;
- firma SAP w ramach SAP NetWeaver dostarcza cały zestaw narzędzi wspierających budowanie aplikacji kompozytowych, takich jak: BPM, BRM, Composite Application Framework, Guided Procedures oraz Visual Composer) zintegrowanymi z Eclipse-based, platformą Java, Java EE (Enterprise Edition 5), Service Data Objects (SDO).

Podsumowanie

Service Oriented Architecture (SOA), rozumiana jako technologiczny standard obejmujący sposób projektowania i implementacji architektury systemu informatycznego, w celu zwiększenia jego elastyczności i efektywności, wyznacza istotnie obszar dla nowych rozwiązań IT i ich zastosowań w biznesie.

Do największych korzyści wynikających z implementacji rozwiązań IT opartych na SOA należy prostota, elastyczność, lepsze dopasowanie funkcjonalne do potrzeb biznesu jak też stosunkowo niskie koszty wdrożenia i utrzymania.

Na obecnym poziomie wiedzy trudno jest jednak jednoznacznie przewidzieć rolę SOA zarówno w rozwoju oprogramowania, jak i zastosowania jej w organizacjach. Jak wynika z przytoczonych w tekście analiz, organizacje zdają sobie sprawę z korzyści i zagrożeń, jakie może przynieść SOA zarówno producentom oprogramowania wspierającego zarządzanie, jak i odbiorcom wykorzystującym je do zarządzania. Ostateczną użyteczność SOA będą mogły w przyszłości zweryfikować dopiero pogłębione badania empiryczne.

Literatura

1. Metha M.R., Lee S., Shah J.R., *Service-Oriented Architecture: Concepts and Implementation*, Texas State University, USA 2006.
2. Matuszewski M. – IDS Scheer Polska, Podkowiński P. – IDS Scheer Polska, Raszewski K. – Oracle Polska, *Automatyzacja procesów biznesowych: od modelu do realizacji*, materiały konferencyjne, ARIS ProcessDay Polska 2007, Warszawa 2007.
3. SOA? O co chodzi, raport specjalny „Computerworld”, IDG Poland 2007.
4. Woods D., Mattern T., *Enterprise SOA. Designing IT for Business Innovation*, USA 2006.
5. Żeliński J., SOA: Czy nadchodzi koniec zintegrowanych ERP?, IT-Consulting, materiały branżowe, 2009.
6. Waszczuk J., SOA – czym jest, czym nie jest? Opracowanie branżowe, www.soastandards.pl, 22.04.2008.
7. Jabłoński R., *Mieć POWER, żeby przetrwać*, w: *Efektywna integracja przedsiębiorstwa w oparciu o SOA i rozwiązania IBM WebSphere*, „Computerworld”, marzec 2009.
8. *Jak budować aplikacje kompozytowe*, Prezentacja SAP Polska Sp. z o.o. Warszawa 2007.
9. McIlroy D., *Mass Produced Software Components*, 1968.
10. Waszczuk P., SOA – czym jest, czym nie jest? Opracowanie branżowe, www.soastandards.pl, 22.04.2008.
11. *Economic Justification of Service-Oriented Architecture. Research study: Experiences and Guidelines on Building SOA Business Cases*, University of St. Gallen, SAP AG, 2008.
12. SOA dla biznesu, [w:] *Efektywna integracja przedsiębiorstwa w oparciu o SOA i rozwiązania IBM WebSphere*, „Computerworld”, marzec 2009.
13. Skrupski K., *Jak wdrażać SOA, czyli człowiek do zadań specjalnych*, Konferencja „SOA Executive Forum”, Warszawa 17 czerwca 2009.
14. *Architektura korporacyjne i SOA – jak połączyć biznes i IT*, IDG Poland S.A., „Computerworld”, materiały branżowe, Warszawa 2008.

15. Machnik B., *Przygotuj się na lepszą przyszłość*, w: *Efektywna integracja przedsiębiorstwa w oparciu o SOA i rozwiązania IBM WebSphere*, „Computerworld”, marzec 2009.
16. Bielewicz A., *SOA po polsku*, www.publicstandard.pl, komunikat z dnia 3 czerwca 2008 r.
17. *Hype Cycle for Emerging Technologies*, 2008, Raport Gartner Group, 9 July 2008.
18. Bugajski J., *Wyzwanie SOA*, „Computerworld”, Raport Specjalny, IDG Polska, 2007.
19. Malinvenro P., *How to Get Value Now (and In the Future) From SAP's Enterprise SOA*, Gartner, Raport z dnia 20 września 2007 r.
20. *EA i SOA; zacznijmy od fundamentów*, w: *Architektura korporacyjne i SOA – jak połączyć biznes i IT*, IDG Poland S.A., „Computerworld”, materiały branżowe, Warszawa 2008.
21. *Innowacyjność motorem rozwoju przedsiębiorstwa*, Vanson Bourne, Sondaż BEA European Business Innovation Survey, 2007.
22. *Innowacje biznesowe stymulatorem zmian z firmach – raport BEA Systems Inc.*, „Logistyka” 2008, nr 1.
23. *SAP wytycza drogę do biznesowej architektury SOA*, materiały prasowe z dnia 4 czerwca 2006, www.magazynit.pl.
24. *Customer Explorer Enterprise SOA Innovation with SAP*, SAP Global, <http://www.sap.com>, komunikat z dnia 2 października 2007 r.
25. *Dolnośląska Grupa Gazownictwa. Gas Distribution Company Embraces Free Market with SOA*, Success Story, SAP AG 2008.
26. *Architektura biznesowo zorientowana na usługi (enterprise SOA)*, SAP Polska, materiały branżowe, w: <http://www.sap.com/poland/platform/esoa/index.epx>.
27. Piątkowski L., *SAP NetWeaver Platforma do budowy rozwiązań Business Process Management*, prezentacja branżowa, SAP Polska, maj 2009.
28. *Materiały branżowo-informacyjne firmy SAP*; www.sap.com/poland z dnia 19.06.2009.

29. Sherpe Ch., *SOA – Metodologia i Usługi*, SAP AG, materiały branżowe, 2007.
30. *Jak budować aplikacje kompozytowe*, Prezentacja SAP Polska Sp. z o.o. Warszawa 2007.
31. Pezzini M., Natis Y. V., Iijima K., Sholler D., Thompson J., Vecchio D., *Magic Quadrant for Application Infrastructure for SOA Composite Application Project*, Gartner, raport z dnia 18 grudnia 2008.